



**CETESB**

**COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL**

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL  
BIBLIOTECA Prof. Dr. Lucas Nogueira Garcez  
Av. Prof. Frederico Hirmani Junior, 345 - Pinheiros  
05409-900 - SÃO PAULO - BRASIL

**MEDIDA DA ATIVIDADE METANOGENICA  
ESPECÍFICA**

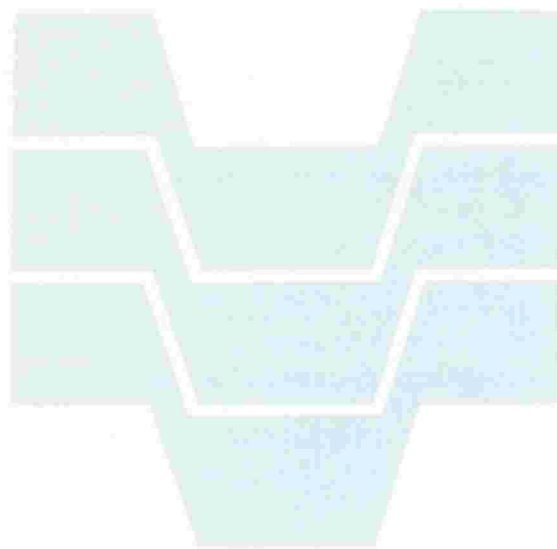
**RELATÓRIO FINAL**

1985 à 1989

## APRESENTAÇÃO

Este relatório pertence ao projeto 980101 - "Estudo da Microbiologia de Bioreatores e Melhoramento Genético da Biomassa", dentro da atividade "Avaliação da Biomassa em Biodigestores".

O presente trabalho foi realizado na Gerência de Pesquisa de Tratamento de Resíduos e Qualidade de Água, dentro do Convênio DAEE-CETESB. Ele apresenta os resultados dos testes de atividade metanogênica específica, abrangendo o período de 1985 a 1989.



# CETESB

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL  
BIBLIOTECA Prof. Dr. Lucas Nogueira Garcez  
Av. Prof. Frederico H. Zeman Junior, 245 - Pinheiros  
05409-000 - SÃO PAULO - BRASIL

## ÍNDICE

1. Introdução.....	3
2. Revisão de Literatura.....	4
3. Material e Métodos.....	16
3.1 Reatores e Gasômetros.....	16
3.2 Inóculos.....	18
3.3 Substratos e Nutrientes.....	18
3.4 Partida dos reatores.....	18
3.5 Operação dos reatores.....	19
3.6 Análises.....	19
3.7 Cálculo de medida de atividade metanogênica.....	20
3.8 Metodologia específica para cada ensaio.....	21
4. Resultados.....	28
5. Discussão.....	101
6. Bibliografia.....	104



CETESB

## 1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de novos parâmetros para avaliação de sistemas anaeróbios de tratamento de resíduos é de fundamental importância, em função da pouca representatividade dos parâmetros já existentes e em relação à avaliação da massa biológica.

Geralmente, as análises utilizadas para expressar a quantidade do lodo anaeróbio, tais como a medida de sólidos em suspensão voláteis (SSV), na qual a quantidade de células é medida em conjunto com a matéria orgânica não celular, ou mesmo a contagem do número de unidades formadoras de colônias (UFC), por técnicas como o "método do roll-tube", não revelam o número real de células (como no caso da SSV). Neste último, acrescenta-se ainda a dificuldade de interpretação dos dados obtidos em relação à eficiência do sistema, uma vez que são necessários longos períodos de tempo de incubação para o crescimento bacteriano.

Este relatório apresenta resultados obtidos nos laboratórios da CETESB, durante a adaptação de técnicas de medida da atividade metanogênica específica, segundo os procedimentos de ZEEUW (1984), para avaliar o desempenho de biodigestores através do comportamento da massa bacteriana. Mesmo assim, estudos sobre a microbiologia e bioquímica das bactérias metanogênicas em biodigestores, têm apontado na direção da determinação da biomassa viável presente no lodo, e resultados desses trabalhos revelam que a avaliação de certos fatores enzimáticos específicos às metanogênicas, tais como a coenzima M(Co-M) e o Fator 420 (F420) podem medir a viabilidade da massa celular no sistema. Contudo, para quantificar a Co-M não foram ainda desenvolvidas técnicas rotineiras de isolamento e identificação, sabe-se que algumas espécies metanogênicas importantes em biodigestão, não possuem F420, o que dificultaria o uso deste método para precisar a massa celular viável.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

A literatura contém muitas indicações sobre a importância da determinação da atividade metanogênica específica para os processos anaeróbios de tratamento de resíduos. Esta revisão, contudo, buscou abordar os aspectos metodológicos para a atividade metanogênica. É certo que, alguns conceitos teóricos serão também abordados. Para isso, três trabalhos, considerados no grupo dos principais experimentos sobre o tema, serão detalhadamente descritos, procurando-se organizar os pontos comuns existentes em relação aos procedimentos experimentais, resultados e conclusões. Cabe salientar alguns aspectos dos trabalhos de, de ZEEUW (1984), VALCKE & VERSTRAETE (1981), DOLFING & BLOEMEN (1985), onde os autores concordam:

- qualquer metodologia adotada, determinará a atividade metanogênica potencial ou máxima de uma amostra;
- a medida de atividade metanogênica proporciona um acompanhamento adequado quanto ao desempenho de um sistema anaeróbio (biodigestor, por exemplo);
- os valores de atividade metanogênica específica podem ser expressos em quantidade de metano produzido por quantidade de células por tempo.
- para medidas de atividade, as concentrações de substrato não podem ser limitantes em relação à quantidade de células;
- não ocorre crescimento celular durante a determinação da atividade metanogênica;
- a determinação da atividade metanogênica é uma análise rápida;
- é possível identificar o grupo metabólico dominante na amostra, através da atividade metanogênica específica em substratos determinados;
- lodos estocados podem revelar baixas medidas de atividade metanogênica máxima, bem como uma fase lag antes de iniciar a produção gasosa.

Segundo de ZEEUW (1984), a atividade específica de um lodo anaeróbico é um parâmetro importante para determinar as condições de partida de um reator, bem como a evolução e possíveis alterações na qualidade desse lodo. Mais especificamente, o autor destaca que:

- a atividade de um lodo anaeróbico e a quantidade de lodo disponível, determinam a taxa orgânica inicial a ser aplicada no reator;
- em estágios iniciais da partida de um reator anaeróbico de fluxo ascendente e manto de lodo (UASB), a determinação regular da atividade do lodo, proporciona informações sobre o desenvolvimento do mesmo, quando utilizado como inóculo.

Como exemplo pode-se citar o lodo proveniente de digestores de lodo de esgoto, comumente utilizado como inóculo em reatores UASB.

Este lodo caracteriza-se por sua grande fração de material orgânico não celular. Tal inóculo, no decorrer do processo em reator UASB, terá suas características alteradas, passando a ser um lodo quase que exclusivamente composto da biomassa responsável pelo processo, e portanto, ativa.

- mudanças na atividade do lodo podem indicar inibição, ocasionada por diversos fatores tóxicos ou acúmulo de matéria orgânica pouco ou não degradável no manto de lodo.

O teste de atividade metanogênica de uma amostra anaeróbica , segundo de ZEEUW, é realizado em experimentos em batelada, onde a quantidade de substrato é fixada para uma determinada quantidade de sólidos (SSV). A atividade é calculada através de taxa de produção de metano, ou da taxa de consumo de substrato em relação a quantidade de lodo, considerando negligenciável o crescimento celular. Sob condições bem definidas, a atividade, a taxa de produção de metano ou a taxa de remoção da DQO (Demanda Química de Oxigênio), bem como a quantidade de lodo (SSV) devem ser conhecidos. A carga orgânica aplicada ao reator determina até que ponto a atividade do lodo aproxima-se da atividade máxima do lodo (de ZEEUW, 1984).

Nos estudos realizados por de ZEEUW (1984), o teste de ativi

dade do lodo anaeróbio teve dois objetivos:

- a. o "prognóstico" do comportamento do lodo como inóculo para partida de um reator anaeróbio de fluxo ascendente e manto de lodo;
- b. medir a taxa da atividade metanogênica máxima do lodo de um reator anaeróbio de fluxo ascendente e manto de lodo.

O autor realizou testes sob um conjunto de substratos específicos, constituído por três ácidos orgânicos: acético, propiônico e n-butírico. A escolha da mistura dos ácidos para o teste de atividade, foi influenciada pelo fato de que na partida do reator em estudo (UASB), utilizou-se essa mistura.

O emprego de um substrato simples, preferencialmente o acetato como realizado por VALCKE & VERSTRAETE (1981), simplificou o teste, mas omitiu a contribuição das bactérias acetogênicas e metanogênicas hidrogenotróficas, como apontado por de ZEEUW (1984). Todos os experimentos realizados, segundo os procedimentos de de ZEEUW (1984), seguiram um modelo onde a taxa de produção de metano ou a remoção de DQO por unidade de SSV do lodo eram avaliados para o cálculo da atividade metanogênica. A maioria dos testes realizados com agitação intermitente (140 rpm), em reatores com volume de 2,5 a 5 litros, operados descontinuamente em batelada. Os gasômetros eram constituídos de frascos de Mariotte, preenchidos com uma solução de NaOH 1% (p/v) para remoção do dióxido de carbono. Eventualmente, uma coluna contendo soda granulada era conectada entre a saída do reator e o gasômetro, também para reter o dióxido de carbono. A concentração do lodo era de  $2,5 \text{ Kg SSV.m}^{-3}$ , onde a diluição dos sólidos era feita com água de torneira. Além dos substratos ácidos, neutralizados (NaOH, pH = 7.0-7.1), em concentrações individuais de  $6 \text{ Kg.m}^{-3}$ , eram adicionados sulfato de amônia, fosfato de potássio e solução de traços de minerais (descrita por ZEHNDER, 1976).

Os resultados de de ZEEUW (1984), aplicando seu teste padrão, estabeleceram faixas para medidas de atividade metanogênica de lodo granulados ou lodos provenientes de biodigestores de fluxo ascendente, e para lodos de esgoto em digestão.

A degradação dos ácidos voláteis individuais nos testes em batelada para lodo de reator anaeróbio de fluxo ascendente, geralmente apresentou uma boa taxa de conversão, que correspondia à mesma taxa de conversão observada no próprio reator. Os valores de atividades encontradas para esses lodos, excederam os valores encontrados para lodo de esgoto em digestão. A faixa obtida para lodos granulados ou provenientes de biodigestores de fluxo ascendente foi de 0,5 a 2,0 Kg CH<sub>4</sub> - DQO/ Kg SSV.d. A preocupação com o crescimento celular durante os testes foi discutida através da estimativa de valores obtidos de rendimento celular em alguns substratos, como a seguir.

A conversão da alimentação, DQO padrão de 2,664 Kg AV-DQO/m<sup>3</sup>, teoricamente produziria 2,64 x 0,024 = 0.63 Kg SSV/m<sup>3</sup>, onde 0,24 é um fator de produção de células encontrado por de ZEEUW (1984). Alguns fatores de rendimento celular para diferentes substratos determinados em ensaios com reatores anaeróbios alimentados em batelada, estão apresentados na Tab. (1). A quantidade de biomassa viável de uma amostra, pode ser estimada a partir do valor de atividade metanogênica máxima da biomassa em condições de crescimento e da atividade metanogênica específica máxima de um lodo amostrado.

Tab. 1 : Fatores de rendimento celular para diferentes substratos, determinados em ensaios com reatores anaeróbios operados descontinuamente (BATELADA).

Substrato	Concentração inicial de alimentação (Kg DQO/m <sup>3</sup> )	Número de alimentações	Faixa de pH	Média do fator de rendimento (gSSV/gDQO convertida)
acetato	1,6	40	6,9-7,5	0,064
acetato	2,6	-	6,7-7,5	0,020
metanol	4,8	16	7,25	0,042
propionato	1,8	4	7,0-7,2	0,026
n-butirato	2,0	10	7,0-7,1	0,021
mistura padrão de ácidos voláteis(a)	2,6	20	6,2-7,5	0,024

(a) 0,6 Kg/m<sup>3</sup> de cada ácido: acético, propiônico e butírico.

Assim, se a atividade de um lodo for igual a  $1,0 \text{ Kg DQO-CH}_4/\text{Kg SSV.d}$  e a atividade máxima de uma biomassa nova for igual a  $2,85 \text{ Kg DQO-CH}_4/\text{Kg SSV.d}$  e ainda a concentração de lodo utilizada no teste for igual a  $2,5 \text{ Kg SSV/m}^3$ , a concentração de biomassa viável poderia ser estimada como:  $(1,0/2,85) \times 2,5 = 0,88 \text{ Kg SSV m}^3$  e o aumento máximo de células durante a atividade testada seria igual a  $(0,63/0,88) \times 100 = 7\%$ .

Conseqüentemente, nenhum crescimento ocorrido durante um teste de atividade metanogênica específica padronizado de lodos provenientes de fluxo ascendente pode ser negligenciado.

Enfim o autor pontua que, a taxa máxima de produção de gás metano nos testes de atividade de um lodo é atingida quando somente parte da alimentação tiver sido digerida, justificando que essa consideração reduz os possíveis erros devido ao crescimento celular. O período de tempo requerido para um teste com lodos de biodigestor de fluxo ascendente variou entre 0,5 a 2,0 dias.

No caso de lodo de esgoto em digestão, que contém uma grande fração de matéria orgânica, baixos valores de atividade metanogênica foram obtidos. Particularmente para esse lodo, os testes tiveram uma duração de 10 a 25 dias.

Alguns testes de atividade foram feitos com ácidos voláteis individualmente, e assim, conseguiu-se estimar a taxa máxima de conversão de amostras de lodos em digestão: nestes ensaios, fases lag foram diagnosticadas, principalmente na digestão do butirato. Na degradação desse composto, pode haver acúmulo de acetato, pois este é produzido mais rapidamente do que convertido a metano.

Neste experimento, a redução do propionato foi lenta durante a conversão máxima do butirato, devido a uma maior disponibilidade temporária de hidrogênio no sistema (maior pressão parcial de hidrogênio), em função da quebra do butirato e do próprio propionato. Além disso, a alta taxa de produção de metano, ocorreu durante a digestão da segunda alimentação. Estes resultados foram observados em todos os testes com lodo de esgoto

em digestão.

Para de ZEEUW (1984) estes resultados foram devidos ao crescimento celular. Como já discutido, o crescimento teórico, com alimentação da mistura de ácidos, é de  $0,63 \text{ Kg SSV/m}^3$ . Este valor é alto, se comparado com a concentração inicial da biomassa ativa. Assim, a faixa de atividade metanogênica medida pelo teste padrão foi de  $0,1$  a  $0,2 \text{ Kg CH}_4 - \text{DQO/Kg SSV.d}$ , então o valor de biomassa ativa estaria entre  $0,088$  a  $0,175 \text{ Kg SSV/m}^3$  e, um grande erro pode ser introduzido nos testes padrões de atividade de lodo em digestão. Para evitar esse erro, uma concentração de lodo maior que a indicada no teste padrão ( $2,5 \text{ Kg SSV/m}^3$ ), deveria ser empregada. Contudo, estudando diferentes concentrações de lodo de esgoto, o autor obteve resultados baixos de atividade metanogênica específica em concentrações superiores a  $3 \text{ Kg SSV/m}^3$ . Os melhores e mais constantes valores foram encontrados na faixa de  $1$  a  $3 \text{ Kg SSV/m}^3$ .

Uma possível explicação para os valores inferiores de atividade de, pode estar no fato de que compostos inibidores presentes no sobrenadante do lodo de esgoto, por exemplo amônia estariam mais disponíveis no sistema operado em batelada.

VALCKE & VERSTRAETE (1981), foram os primeiros autores a descreverem uma metodologia para estimar a biomassa metanogênica acetoclástica em lodos anaeróbios. O método consistia da adição de quantidades crescentes de acetato a uma série de amostras de lodo, determinando a taxa máxima de produção de metano por litro da mistura. Tal procedimento foi baseado na observação de que, durante um período máximo de 24h, o crescimento da biomassa é mínimo e as taxas de conversão de acetato obedecem a uma "cinética de ordem zero", portanto não afetadas pela concentração de substrato, dentro de certos limites. Além disso, para converter à taxa máxima, determinada para a biomassa acetoclástica, supôs-se que, sob as condições do teste, a atividade específica máxima foi aquela obtida, em função de que na época, poucos dados experimentais eram disponíveis sob a atividade de produção de metano a partir de acetato, por culturas puras ou enriquecidas em acetoclásticas.

Os experimentos de VALCKE & VERSTRAETE (1981) eram realizados em frascos de 2,0ℓ, conectados um gasômetro de deslocamento de líquido. Nestes frascos, eram misturados o lodo anaeróbico diluído (concentração de 5g/ℓ) e um meio de cultivo contendo alguns sais minerais, extrato de levedura e com concentrações crescentes e lineares de acetato. O pH da mistura era controlado no início dos testes em 6,7. Os frascos eram fechados a 30°C sob agitação intermitente, por 5 minutos, a cada 30 minutos.

O gasômetro de deslocamento líquido era preenchido com uma solução de NaOH 1N, para remover o dióxido de carbono.

Vários tipos de lodos foram estudados pelos autores, e os resultados, mostraram que à taxa linear de adição do acetato correspondeu a produção de metano também linear. Um exemplo pode ser citado, para lodos granulados provenientes de biodigestor de fluxo ascendente de uma indústria têxtil, a taxa de adição de acetato e produção de metano foi linear pelo período de 30h, período de duração do ensaio. Outros resultados de atividade metanogênica específica, incluíram a análise de um lodo granulado, proveniente de um biodigestor de fluxo ascendente operado com água residuária acidificada, oriundo de uma fábrica de produção de enzimas, onde o ácido acético era o principal ácido encontrado no sistema. A mostra de lodo continha 24,3g/ℓ (SST) e 16,2g/ℓ (SSV), tendo apresentado uma atividade específica máxima de 395 mℓ de DQO-CH<sub>4</sub>/ℓ SSV.d.

Uma amostra de um digestor anaeróbico de fluxo ascendente operado com resíduos de uma fábrica de açúcar de beterraba, revelou produção máxima de gás (643 mℓ DQO-CH<sub>4</sub>/g SSV.d), com carga aplicada de 1,8 g de acetato/g SSV e uma concentração de substrato de 4,3g de acetato/ℓ. Estes dados revelaram que 63% dos sólidos em suspensão voláteis eram constituídos por metanogênicas acetoclásticas. Por outro lado, a atividade de um lodo de digestor convencional de lodo de esgoto, (tempo de retenção hidráulico de 47 dias, em uma faixa de temperatura de 20 a 30°C) foi baixa, por volta de 80 mℓ de DQO-CH<sub>4</sub>/g SSV.d, mostrando que o nível de biomassa acetoclástica era de 8%. Baseados nestes experimentos, após um longo período de estudos com

culturas acetoclásticas enriquecidas, foi possível para os outros autores estabelecer o valor de 1000 ml de DQO-CH<sub>4</sub>/g SSV.d para lodos com atividade metanogênica acetoclástica máxima a 30-35°C, sem crescimento celular exponencial.

VALCKE & VERSTRAETE (1981) concluíram que o teste por eles e laborado, foi adequado para medir a capacidade do lodo em converter ácido acético a metano e dióxido de carbono. Portanto, não refletiu o comportamento da comunidade microbiana total no sistema, uma vez que a atividade das metanogênicas hidrotroficas não foi considerada nas análises realizadas.

DOLFING & BLOEMEN (1985), também descreveram um método para medir a atividade metanogênica de um lodo tendo porém, um objetivo diferente daqueles apresentados anteriormente. Consideram que a atividade metanogênica de um sistema anaeróbio depende da presença de bactérias metanogênicas e da conversão de substratos a metano, e que estes substratos podem estar em quantidades disponíveis ou podem ser derivados de outros compostos pela atividade das bactérias não-metanogênicas, as quais estão frequentemente relacionadas nutricionalmente com as metanogênicas. DOLFING & BLOEMEN se preocuparam com o desenvolvimento de um método que servisse como ferramenta para caracterização da composição microbiana de ambientes anaeróbios.

Para estimar o potencial da atividade metanogênica de um habitat anaeróbio, DOLFING & BLOEMEN (1985), afirmaram que, uma amostra desse ecossistema deve ser suplementada com um substrato em excesso, e o metano produzido deve ser monitorado por cromatografia. Os autores discutiram que métodos semelhantes, têm sido empregados para sistemas de lodos ativados, a fim de medir a capacidade de decomposição de carboidratos por via bacteriana, e para estudos sobre bactérias de solo oxidadoras de metano e amônia. Além disso, segundo os mesmos autores, medidas de atividade são mais sensíveis que contagens pelo método do Número Mais Provável (NMP), para quantificação de biomassa nitrificante.

Para diferenciar os vários grupos fisiológicos de bactérias metanogênicas e não metanogênicas da massa celular, substratos específicos foram utilizados para o cultivo desses microrganismos, e foi possível obter uma comparação na resposta de produção de metano entre os diversos cultivos. Para facilitar a comparação de valores, foram reunidos em uma tabela, Tab. 1, resultados de atividade de culturas puras de metanogênicas, onde três maiores subgrupos metabólicos têm sido evidenciados: (1) organismos que utilizam somente hidrogênio e dióxido de carbono, ou formiato, para produzirem o metano; (2) organismos que produzem metano exclusivamente a partir de acetato; (3) organismos que produzem metano a partir de hidrogênio e dióxido de carbono e também de acetato. Através dos valores apresentados na Tab.2, foi verificado que as atividades de bactérias metanogênicas hidrogenotróficas, era geralmente um fator dez vezes maior que as atividades bacterianas acetotróficas. Isto significa, que dez vezes mais material celular foi necessário para produção de metano a partir de acetato, do que a partir de hidrogênio. Assim para que sejam comparáveis às atividades específicas em relação aos substratos hidrogênio e acetato, deve-se dividir por 10 os valores obtidos para o hidrogênio.

CETESB

TAB. 2 : Atividades específicas de bactérias metanogênicas mesófilas, de importância nos ecossistemas metanogênicos

Grupo metabólico metanogênico	Espécies	Substrato	Atividade <sup>(a)</sup> específica ( $\mu\text{mol CH}_4/\text{g}\cdot\text{min}$ ) <sup>b</sup>
Hidrogenotróficas	Methanobacterium formicicum	H <sub>2</sub>	350-550 <sup>b</sup>
	M. bryantii	H <sub>2</sub>	300 <sup>c</sup>
	Methanobrevibacter arboriphilus	H <sub>2</sub>	600 <sup>c</sup>
	M. arboriphilus	H <sub>2</sub>	116-490-1180 <sup>b,d</sup>
	Methanospirillum hungatei	H <sub>2</sub>	260 <sup>c</sup>
Acetotróficas	Methanotherix soehngeni	acetato	24 <sup>b</sup>
Misto	Methanosarcina barkeri (FUSARO)	H <sub>2</sub>	200 <sup>c</sup>
	M. barkeri (DM)	H <sub>2</sub>	95
	M. barkeri (FUSARO)	acetato	30 <sup>c</sup>
	M. barkeri (Ms)	acetato	60
	M. barkeri (227)	acetato	170 <sup>b</sup>
	M. barkeri (227)	acetato	23-29 <sup>b</sup>

<sup>a</sup>Atividades específicas são expressas como  $\mu\text{mol CH}_4$  por g de células (peso seco) por minuto.

<sup>b</sup>Dados obtidos sob condições ótimas de crescimento

<sup>c</sup>Dados obtidos em teste de atividade

<sup>d</sup>Dados obtidos sob condições de crescimento em vários meios de cultura

Para os testes de medida de atividade metanogênica de amostras anaeróbias (lodo granulado), realizados por DOLFING & BLOEMEN (1985) foram empregados diferentes substratos em um meio mineral, sob atmosfera gasosa de dióxido de carbono.

Os frascos eram de soro, hermeticamente fechados, e foram incubados a 30°C, sem agitação. A quantidade de lodo testada nos experimentos, esteve na faixa de 100 a 1000 mg. O mais importante nesse método foi o uso de seringas com trava para análise cromatográfica das amostras retiradas da atmosfera dos frascos de soro. As seringas com trava permitiram que as amostragens fossem realizadas sem a interferência da pressão externa. Os resultados obtidos nos diversos substratos estão apresentados na Tab. 3.

**Tab. 3: Atividades metanogênicas potenciais da biomassa criada em vários sistemas anaeróbios de águas residuárias.**

Origem da biomassa <sup>e</sup>	Substratos de manutenção	Atividade metanogênica potencial ( $\mu\text{molCH}_4/\text{g SSV}\cdot\text{min}$ ) <sup>b</sup>			
		H <sub>2</sub>	Formiato	Acetato	Propionato
lodo de esgoto	esgoto	ND	0,3	0,3	0,1
	<sup>a,c</sup> acetato (46%) + propionato (54%)	15,5 <sup>d</sup>	20,0 <sup>d</sup>	14,9 <sup>d</sup>	6,9 <sup>d</sup>
	<sup>a,c</sup> acetato (42%) + propionato (48%) + sacarose (10%)	10,5 <sup>d</sup>	8,5 <sup>d</sup>	6,9 <sup>d</sup>	4,4 <sup>d</sup>
	<sup>a,c</sup> acetato (2%) + propionato (3%) + sacarose (95%)	10,5 <sup>d</sup>	6,3 <sup>d</sup>	5,0 <sup>d</sup>	2,0 <sup>d</sup>
fábrica de amido	efluente do digestor de fábrica de amido	5,0	8,0	1,0	1,3
	<sup>a,c</sup> acetato (46%) + propionato (54%)	14,1 <sup>d</sup>	16,7 <sup>d</sup>	16,4 <sup>d</sup>	4,7 <sup>d</sup>
usina de açúcar	efluente do digestor de usina de açúcar	10,0	11,0	10,0	4,5

<sup>a</sup>Tempo de cultivo dos microrganismos nos substratos de manutenção: 3 meses

<sup>b</sup>SSV: sólidos em suspensão voláteis (representa a fração da biomassa)

<sup>c</sup>Porcentagem da quantidade total de DQO presente no meio de cultivo

<sup>d</sup>Médias de três medidas

<sup>e</sup>A origem da biomassa é sempre o lodo de um digestor operando com

os efluentes citados.

ND Não determinado

Finalmente, para os autores, para estimar a atividade bioquímica específica, o agente ativo (quer massa celular ou enzimática) deve estar presente nos frascos-testes em quantidades limitantes à reação a ser estudada. Isto significa que dentro de certos limites a produção de metano deverá aumentar linearmente com um aumento da quantidade de massa celular. Os resultados deste trabalho, revelaram esta relação, em quantidades de biomassa até 15 g (peso seco), mantendo-se as mesmas concentrações de substrato. Quanto aos aspectos gerais do método, os autores enfatizaram:

(1) a medida de atividade representa a atividade potencial, isto é, as condições no ambiente nas quais a amostra foi obtida podem não ser iguais às condições dos testes, uma vez que devido à suplementação da amostra com o substrato em excesso, os possíveis fatores inibitórios estarão em baixas concentrações não afetando a atividade.

(2) a taxa de produção medida considera a atividade de biomassa não enriquecida no substrato teste; as incubações foram conduzidas em um curto período (menor de 24 h), garantindo assim, pequeno ou nenhum crescimento celular;

(3) baixas quantidades de biomassa evitam efeitos negativos de transferência de massa ou limitação de transferência de fase. O método descrito, permite a determinação rápida da atividade metanogênica potencial. A diferença básica dos métodos anteriormente descritos, é que neste ensaio, a biomassa é testada em vários substratos, assim a proporção de vários grupos metabólicos pode ser estimada.

Os ensaios descritos por Dubourguier (1988) por ocasião do curso Ecologia da Digestão Anaeróbia, se basearam nos métodos descritos por DOLFING & Bloemen (1985).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

Nesta parte serão descritos os procedimentos comuns para um grupo de 37 ensaios, e uma tabela contendo os procedimentos específicos a cada um deles, baseados no trabalho de ZEEUW (1984).

#### 3.1 Reatores e gasômetros

Os ensaios foram realizados em reatores de vidro (frasco de soro) com 1 l de capacidade total, sendo 0,7 e 0,3 l o volume útil empregado. Em alguns ensaios foram utilizados reatores de volume total igual a 4 l e volume útil igual a 2,85 l.

Os resultados foram fechados com rolhas de borracha, contendo dois orifícios, um para alimentação e retirada de amostra e o outro para saída dos gases.

A temperatura dos ensaios foi de 30°C, através da incubação dos reatores em estufas ou agitadores em temperatura controlada ou banho d'água termostaticado.

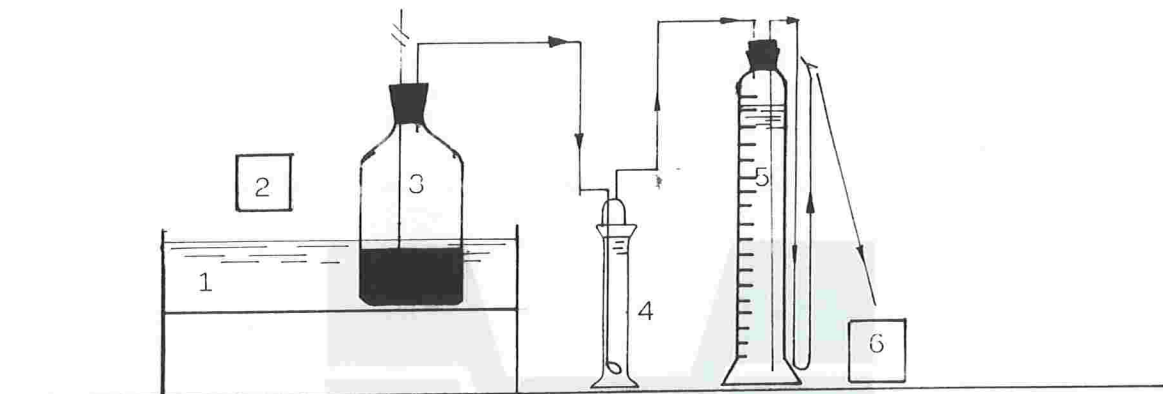
Os gasômetros utilizados foram de dois tipos:

1. frasco de Mariotte com 2 l de capacidade total, preenchido com solução de NaOH 1N, e um corante indicador de pH alcalino, azul de bromotinol.
2. proveta de 1 l de capacidade total, preenchido com uma solução ácida, com a seguinte composição: 200g de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 50g de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 800ml de água destilada e corante vermelho neutro. (gasômetro de deslocamento de líquido).

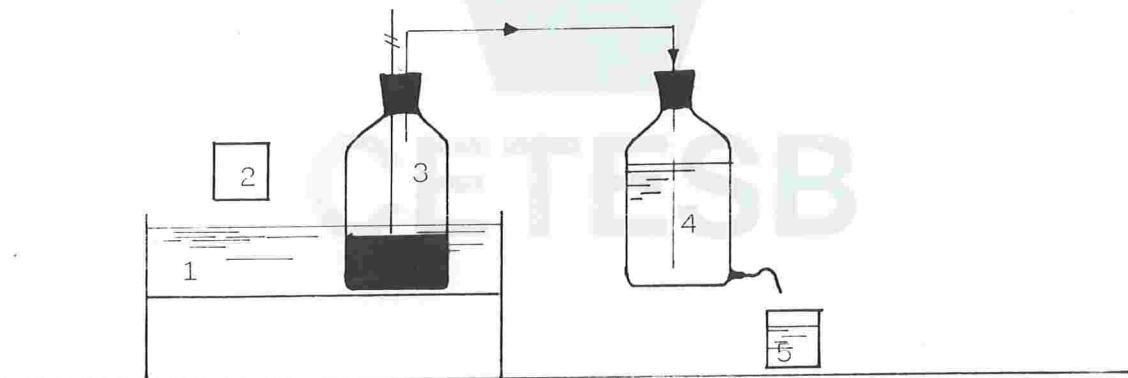
Em alguns ensaios o filtro contendo pastilhas de NaOH ou um frasco lavador contendo solução de NaOH 1N eram colocados entre o reator e o gasômetro para retenção do dióxido de carbono produzido.

A fig. 1 apresenta dois esquemas dos sistemas para testes de atividade metanogênica específica.

## ESQUEMAS DOS SISTEMAS DE ATIVIDADE ESPECÍFICA



- 1- Banho maria com fluxo contínuo de água,
- 2- Termostato e resistência,
- 3- Reator,
- 4- Frasco lavador,
- 5- Gasômetro
- 6- Recipiente para recolher solução ácida.



- 1- Banho maria com fluxo contínuo de água,
- 2- Termostato e resistência,
- 3- Reator,
- 4- Gasômetro,
- 5- Recipiente para recolher solução ácida.

Figura 1 - Esquemas dos sistemas utilizados para os testes de atividade metanogênica específica.

### 3.2 Inóculos

Os inóculos consistiram de amostras de lodos em digestão e lodos de biodigestores de fluxo ascendente e manto de lodo. A concentração do inóculo foi de 2,5g SSV/l, sendo as amostras diluídas quando necessário em água destilada desoxigenada com nitrogênio. O volume de lodo para o reator foi a partir da quantidade de sólidos em suspensão voláteis do lodo "in natura", aplicando-se a seguinte fórmula:

$$\text{volume do lodo} = \frac{2,5\text{g/l} \text{ (1)} \times 0,3 \text{ (2)}}{\text{SSV}_{\text{lodo}} \text{ g/l} \text{ (3)}}, \text{ onde:}$$

- (1) concentração determinada do inóculo a ser adicionada;
- (2) volume útil do reator;
- (3) concentração de sólidos em suspensão voláteis do inóculo.

Em alguns ensaios, a amostra - inóculo era incubada em banho d'água termostizado a 30°C, por um determinado período de tempo, afim de que a DQO contida no lodo fosse esgotada, antes do início do teste de medida de atividade.

### 3.3 Substratos e nutrientes

Os substratos testados foram a mistura dos ácidos orgânicos acético, propiônico e butírico, em concentrações individuais de 600 mg/l.

(DQO dos ácidos igual 2,64 g/l).

### 3.4 Partida dos reatores

Os substratos neutralizados com NaOH 3N eram adicionados ao reator em conjunto com as soluções de nutrientes, traço de metais e resazurina, desoxigenados através de borbulhamento com nitrogênio. A seguir, o inóculo era misturado aos substratos e soluções, e o volume útil do sistema era completado com água desti

lada desoxigenada, bem como o pH acertado em 7,0.

A atmosfera "vazia" do reator era saturada, com nitrogênio, por um tempo de fluxo do gás em torno de 15 minutos. O reator era então fechado com rolha de borracha, e os espaços entre a rolha e o vidro, e conexões de tubos e mangueiras, eram vedados com rolha de silicone.

### 3.5 Operação dos reatores

A operação dos reatores era diária, e os procedimentos os seguintes:

- agitação manual dos reatores três vezes ao dia;
- medição das temperaturas ambiente e do ensaio;
- medição da produção de gás; inicialmente de hora em hora, e espaçando-se o período em função do decréscimo de produção do gás.

A alimentação dos reatores e a retirada de amostras para análises eram feitas com o auxílio de uma seringa de vidro.

Os reatores foram alimentados em batelada. Alguns ensaios receberam mais de uma alimentação, que consistia apenas da mistura de ácidos neutralizada, após completa conversão a gás da primeira alimentação.

### 3.6 Análises

Foram realizadas medidas dos sólidos em suspensão voláteis das amostras testadas segundo os procedimentos descritos a seguir: Centrifugou-se 50g de lodo a 10.000 rpm/10 min., desprezou-se o sobrenadante, e o material foi ressuspensionado em água destilada no mesmo volume do sobrenadante desprezado, a amostra foi então analisada quanto ao seu conteúdo de sólidos voláteis (SV), segundo STANDARD METHODS. O valor de SV obtido foi considerado como SSV do lodo.

Na partida dos reatores, bem como no final de cada ensaio, a

mostras eram retiradas para análises de: DQO (Demanda Química de Oxigênio), ácidos voláteis (método de cromatografia gasosa para biodigestores, VIEIRA & SOUZA, 1984) e pH.

Antes de uma segunda alimentação o teor de ácidos voláteis e o valor de pH eram determinados.

Além do volume de biogás deslocado, considerado apenas o metano, amostras de gases foram submetidas a cromatografia gasosa, através de retiradas de pequenos volumes, cerca de 1ml (seringa Gastight - Hamilton), para avaliação precisa do gás metano formado (método de cromatografia gasosa para biodigestores - VIEIRA & SOUZA, 1984)

### 3.7 Cálculo de medida de atividade metanogênica

O cálculo da atividade metanogênica de uma amostra foi baseado no conceito apresentado por ZEEUW (1984) onde, a atividade metanogênica específica de um lodo pode ser medida através da taxa de produção de metano ou de remoção de DQO, por unidade de SSV do lodo, por período de tempo. O volume de gás metano produzido (corrigido nas CNTP) deve ser expresso em gramas de DQO ( $\text{g DQO-CH}_4$ ). A relação entre esse valor e a massa de SSV contida no reator ( $\text{g DQO-CH}_4/\text{g SSV}$ ), deve ser projetada em um gráfico em função do tempo de ensaio, expresso em dias ou horas.

A atividade metanogênica específica é calculada, através da tangente do trecho de máxima inclinação da curva de produção de gás. O valor da atividade metanogênica específica máxima deve ser apresentado em  $\text{g DQO-CH}_4/\text{g SSV.d}$ .

Nos ensaios realizados não foi considerada a produção total de gás metano teoricamente calculada (vide anexos), para o término dos ensaios. Uma vez obtida a fase exponencial de produção de gás, os ensaios eram concluídos, a menos que houvesse uma segunda alimentação.

### 3.8 Metodologia específica para cada ensaio

A tabela 4 apresenta os procedimentos específicos de cada ensaio realizado. Os procedimentos foram alterados para alguns testes, objetivando aprimorar o método ou adequar algumas condições experimentais, como por exemplo a agitação dos reatores.



Tab. 4.: Condições experimentais de cada ensaio para medidas da atividade metanogênica específica e origem das amostras de lodos anaeróbios.

Ensaio/ Reator	Origem da amostra	Volume útil do reator (ℓ)	Tipo de gasômetro	Filtro para retenção de CO <sub>2</sub>	Agitação	Incubação	Condições iniciais da amostra	pH inicial
1	filtro anaeróbio vinhaça	0,7	1	(---)	manual, 5 vezes ao dia	banho d'água a 30°C	esgotamento da DQO original por 3d a 30°C	7,3
2	fluxo ascendente 106 ℓ esgoto	0,7	1	(---)	manual, 5 vezes ao dia	banho d'água a 30°C	esgotamento da DQO original a 30°C	
3	tanque IMHOFF modificado - SABESP IPIRANGA-Esgoto	0,7 <sup>b</sup>	1	pastilhas de NaOH	constante, agitador (c) magnético	banho d'água a 30°C	esgotamento da DQO original a 30°C	
4	Lodo de esgoto em digestão - SABESP-Pinheiros	0,7	1	pastilhas de NaOH	intermitente (1' a cada 9')	banho d'água a 30°C	esgotamento da DQO original por 3d a 30°C (d)	
5	Lodo de esgoto em digestão - SABESP-Pinheiros	0,7	1	pastilhas de NaOH	manual, 4 vezes ao dia	banho d'água a 30°C	esgotamento da DQO original por 3d a 30°C (d)	
6	Lodo de esgoto em digestão - SABESP-Pinheiros	0,7	1	pastilhas de NaOH	manual, 4 vezes ao dia	banho d'água a 30°C	esgotamento da DQO original por 3d a 30°C	
7	Lodo de esgoto em digestão - SABESP-Pinheiros	0,7	1	(---)	manual, 4 vezes ao dia	banho d'água a 30°C	esgotamento da DQO original por 3d a 30°C	

Continuação da Tab. 4.: Condições experimentais de cada ensaio para medidas da atividade metanogênica específica e origem das amostras de todos anaeróbios.

Ensaio/ Reator	Origem da amostra	Volume útil do reator (ℓ)	Tipo de gasômetro	Filtro para re- tenção de CO <sub>2</sub>	Agitação	Incubação	Condições iniciais da amostra	pH inicial
8	fluxo ascendente 106 ℓ - esgoto 10 do granulado	0,7	1	frascô lavador solução de NaOH 1N	manual, 4 vezes ao dia	banho d'água a 30°C	(----)	
9	DAFA (e)	0,7	2	(----)	manual, 5 vezes ao dia	banho d'água a 30°C	(----) (F)	
10	DAFA	0,7	2	(----)	manual, 5 vezes ao dia	banho d'água a 30°C	(----) (F)	
11	fluxo ascendente 106 ℓ - esgoto 10 do granulado	0,7	2	(----)	manual, 5 vezes ao dia	banho d'água a 30°C	(----)	
12	fluxo ascendente 106 ℓ - esgoto 10 do granulado	0,7	2	(----)	manual, 5 vezes ao dia	banho d'água a 30°C	(----)	
13	DAFA (parte inferior) -porto 1-	0,3	2 (a)	pastilhas de NaOH	manual, 3 vezes ao dia	banho d'água a 30°C	(----)	
14	DAFA (parte inferior) -porto 1-	0,3	2 (a)	pastilhas de NaOH	manual, 3 vezes ao dia	banho d'água a 30°C	(----)	

Continuação da Tab. 4. : Condições experimentais de cada ensaio para medidas da atividade metanogênica es pecífica e origem das amostras de lodos anaeróbios.

Ensaio/ Reator	Origem da amostra	Volume útil do reator (ℓ)	Tipo de gasômetro	Filtros para re tenção de CO <sub>2</sub>	Agitação	Incubação	Condições iniciais da amostra	pH inicial
15	DAFA (parte inferior)	0,3	2 (a)	pastilhas de NaOH	manual, 3 vezes ao dia	banho d'água a 30°C	(---)	
16	DAFA (parte inferior)	0,3	2 (a)	pastilhas de NaOH	manual, 3 vezes ao dia	banho d'água a 30°C	Substrato apenas formi ato 4,9g/ℓ (anexos)	
17	DAFA (parte inferior)	0,3	2 (a)	pastilhas de NaOH	manual, 3 vezes ao dia	banho d'água a 30°C	Substrato apenas formi ato 4,9/ℓ (anexos)	
18	DAFA (parte inferior)	0,7	2 (a)	pastilhas de NaOH	manual, 3 vezes	banho d'água a 30°C	(---)	
19	DAFA (parte inferior)	0,7	2 (a)	pastilhas de NaOH	manual, 3 vezes ao dia	banho d'água a 30°C	(---)	
20	DAFA (parte inferior)	0,3	2 (a)	pastilhas de NaOH	manual, 3 vezes ao dia	banho d'água a 30°C	(---)	
21	DAFA (parte inferior)	0,3	2 (a)	pastilhas de NaOH	manual, 3 vezes ao dia	banho d'água a 30°C	(---)	
22	DAFA (parte inferior)	0,3 (g)	1	pastilhas de NaOH	manual, 3 vezes ao dia	banho d'água a 30°C	(---)	

Continuação da Tab. 4.: Condições experimentais de cada ensaio para medidas de atividade metanogênica específica e origem das amostras de lodos anaeróbios.

Ensaio/ Reator	Origem da amostra	Volume útil do reator (l)	Tipo de gasômetro	Filtro para re- tenção de CO <sub>2</sub>	Agitação	Incubação	Condições iniciais da amostra	pH inicial
23	DAFA	0,3 (g)	2	pastilhas de NaOH	manual, 3 vezes ao dia	banho d'água a 30°C	(---)	
24	Lodo em digestão SABESP-Pinheiros	0,3	1 (a)	pastilhas de NaOH	constante (140 rpm)	agitador ter- mostatizado a 30°C	(---)	
25	Lodo em digestão SABESP-Pinheiros	0,3	1 (a)	pastilhas de NaOH	constante (140 rpm)	agitador ter- mostatizado a 30°C	(---)	
26	fluido de rumen	0,7	1 (a)	pastilhas de NaOH	constante (140 rpm)	agitador ter- mostatizado a 30°C	amostra mantida sob re- frigeração a 4°C, e aclimatizada a 30°C	
27	fluido de rumen	0,7	1 (a)	pastilhas de NaOH	constante (140 rpm)	agitador ter- mostatizado a 30°C	amostra mantida sob re- frigeração a 4°C, e aclimatizada a 30°C	
28	fluido de rumen	0,7	1 (a)	(---)	constante (140 rpm)	agitador ter- mostatizado a 30°C	amostra mantida sob re- frigeração a 4°C, e aclimatizada a 30°C	
29 (h)	DAFA	0,7	1	pastilhas de NaOH	constante (140 rpm)	agitador ter- mostatizado	(---)	
30 (h)	DAFA	0,7	1	(---)	constante (140 rpm)	agitador ter- mostatizado a 30°C	(---)	

Continuação da Tab. 4 : Condições experimentais de cada ensaio para medidas de atividade metanogênica específica e origem das amostras de lodos anaeróbios.

Ensaio/ Reator	Origem da amostra	Volume útil do reator (l)	Tipo de gasômetro	Filtro para retenção de CO <sub>2</sub>	Agitação	Incubação	Condições iniciais da amostra	pH Inicial
31 (h)	DAFA	0,7	1	(---)	constante (140 rpm)	agitador termostaticado a 30°C	(---)	
32	lodo em digestão SABESP-Pinheiros	2,85 (i)	1 (a,j)	pastilhas de NaOH	manual, 3 vezes ao dia	banho d'água a 30°C	(---)	
33	lodo em digestão SABESP-Pinheiros	2,85 (i)	1 (a,j)	(---)	manual, 3 vezes ao dia	banho d'água a 30°C	(---)	
34	lodo em digestão SABESP-Pinheiros	2,85 (i)	1 (a,j)	pastilhas de NaOH	manual, 3 vezes ao dia	banho d'água a 30°C	os substratos ácidos foram substituído por lodo adensado, mesma DQO	
35	lodo em digestão SABESP-Pinheiros	2,85 (i)	1 (a,j)	(---)	manual, 3 vezes ao dia	banho d'água a 30°C	os substratos ácidos foram substituídos por lodo adensado, mesma DQO	
36	lodo em digestão SABESP-Pinheiros	2,85 (i)	1 (j)	pastilhas de NaOH	manual, 3 vezes ao dia	banho d'água a 30°C	(---)	
37	lodo em digestão SABESP-Pinheiros	0,86 (i)	1 (j)	(---)	manual, 3 vezes ao dia	banho d'água a 30°C	(---)	7,0

- (-) não empregado
- (1) reator tipo proveta
- (2) reator tipo frasco de Mariotte
- (a) os gasômetros ficaram em ambiente com temperatura controlada entre 22 a 25°C (câmara de temperatura controlada).
- (b) reator de vidro - Kitassato de 1 ℓ.
- (c) agitador magnético adaptado em banho d'água termostatizado.
- (d) solução de alimentação não foi desoxigenada.
- (e) DAFA - digestor anaeróbio de fluxo ascendente da CETESB 120m<sup>3</sup>/esgoto doméstico.
- (f) duas alimentações.
- (g) volume total do reator 0,5 ℓ.
- (h) nestes ensaios procurou-se verificar a eficiência dos filtros de NaOH.
- (i) nestes ensaios procurou-se verificar diferenças ao se empregar reatores maiores de 1 ℓ.
- (j) ensaios 32, 34 e 36 - gasômetros com capacidade total de 2 ℓ;  
ensaios 33, 35 e 37 - gasômetros com capacidade total de 6 ℓ.

#### 4. Resultados

As tabelas de 5 a 41, e Figuras de 2 a 36, apresentam os resultados obtidos nos experimentos sobre medidas de atividade metanogênica específica máxima de lodos anaeróbios de diferentes origens. Além dos valores de medida do gás formado e cálculo da atividade metanogênica, no rodapé das tabelas, pode-se observar os valores de algumas análises realizadas para cada ensaio. Essas análises não foram feitas uniformemente para todos os ensaios, pois a necessidade das mesmas foi de acordo com a evolução da implantação do método de ZEEUW (1984).



Tabela 5 : Resultados do ensaio 1 com lodo do filtro anaeróbio tratando vinhaça em reator com 0,7ℓ de volume útil.

Tempo (dias)	Temp. ambiente (°C)	Vol. CH <sub>4</sub> acumul. CNTP ( ℓ )	gCH <sub>4</sub> -DQO/gSSV	% CH <sub>4</sub>
0	-	-	-	
3	29	0,322	0,458	
4	26	0,419	0,596	
5	26	0,475	0,675	
6	26	0,475	0,675	
7	22	0,475	0,675	
	AVC inicial (mg/ℓ)	AVC final (mg/ℓ)	Observações	
HAC			SSV = 4,7%	
H Prop				
H But			% CH <sub>4</sub> = 87,1	
Valérico				
Etanol			Atividade máxima = 0,16g DQO-CH <sub>4</sub> /g SSV.d	
Total				
	pH inicial	pH final		
	7,3	-		
	DQOt inicial (mg/ℓ)	DQOt final (mg/ℓ)		

Tabela 6 : Resultados do ensaio 2 com lodo do digestor de fluxo ascendente de 106ℓ em reator de 0,7ℓ de volume útil

Tempo (dias)	Temp. ambiente (°C)	Vol. CH <sub>4</sub> acumul. CNTP( ℓ )	gCH <sub>4</sub> -DQO/gSSV	% CH <sub>4</sub>
0	-	-	-	
1	24	0,037	0,056	
2	24	0,086	0,130	
5	28	0,210	0,317	
9	22	0,313	0,473	

	AVC inicial (mg/ℓ)	AVC final (mg/ℓ)	Observações
HAC			SSV = 3,8%
H Prop			
H But			CH <sub>4</sub> = 92,6%
Valérico			
Etanol			Atividade máxima = 0,7g DQO-CH <sub>4</sub> /g SSV.d
Total			
	pH inicial	pH final	
	7,3	-	
	DQOt inicial(mg/ℓ)	DQOt final(mg/ℓ)	

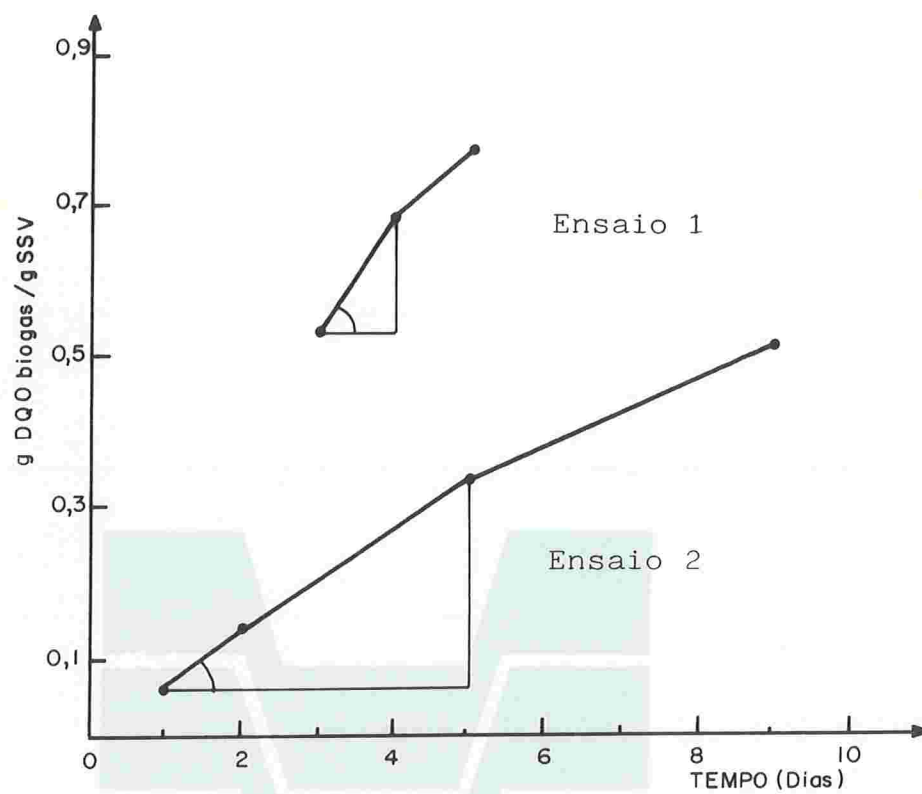


Fig. 2 - Resultados da atividade metanogênica do ensaio 1 e 2, representado pelo valor da tangente de inclinação máxima.

CETESB

Tabela 7 : Resultados do ensaio 3 com lodo do tanque IMHOFF DA SABESP em reator com 0,7ℓ de volume útil com duas alimentações.

Tempo (dias)	Temp. ambiente (°C)	Vol. CH <sub>4</sub> acumul. CNTP( ℓ )	gCH <sub>4</sub> -DQO/gSSV	% CH <sub>4</sub>
(1)				
0	-	-	-	
1	22	-	-	
2	22	0,016	0,027	
3	20	0,035	0,057	
4	18	0,058	0,096	
4,8	16	0,080	0,131	
5,7	18	0,091	0,149	
7	21,5	0,113	0,185	
9	24,5	0,119	0,195	
10	22	0,120	0,197	
(2)				
12	23	0,023	0,038	
12,7	21	0,023	0,038	
13	24	0,060	0,098	
14	24	0,070	0,115	
15	22,5	0,071	0,116	
	AVC inicial (mg/ℓ) (1ª aliment.)	AVC inicial (mg/ℓ) (2ª aliment.)	Observações	
HAC	6820	7400	SSV = 2,8%	
H Prop	5180	5320		
H But	4240	4380	CH <sub>4</sub> = 94,0%	
Valérico				
Etanol				
Total			Atividade máxima da 1ª e 2ª alimentação =	
	pH inicial	pH final	0,04 e 0,2g DQO-CH <sub>4</sub> /g SSV.d, respectivamente.	
	7,3	7,9		
	DQOt inicial(mg/ℓ)	DQOt final(mg/ℓ)		
	4.000			

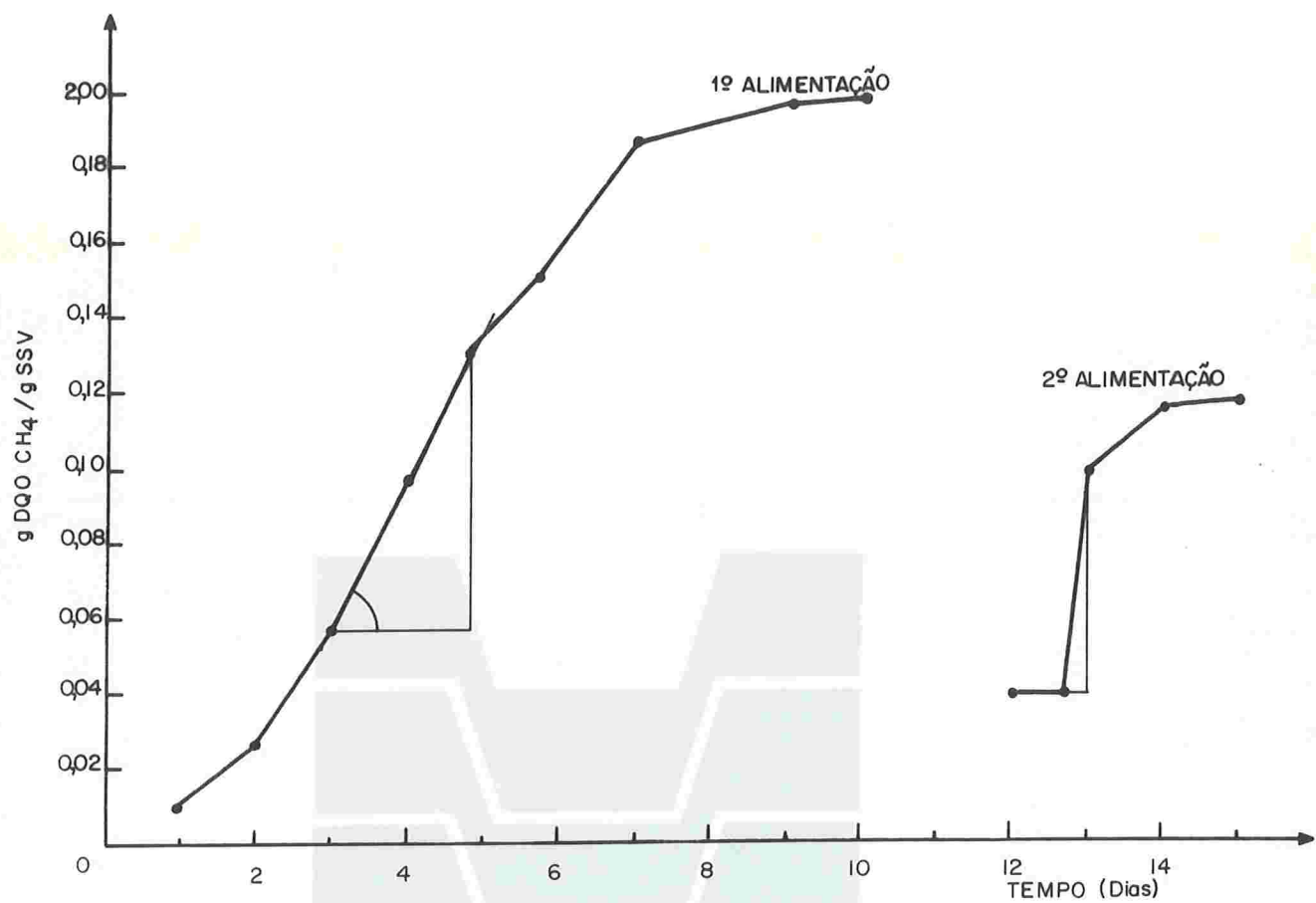


Fig. 3 - Resultado da atividade metanogênica do ensaio 3, representado pelo valor da tangente de inclinação máxima.

CETESB

Tabela 8 : Resultados do ensaio 4 com lodo digerido da SABESP em reator de 0,7ℓ de volume útil com duas alimentações.

Tempo (dias)	Temp. ambiente (°C)	Vol. CH <sub>4</sub> acumul. CNTP ( ℓ )	gCH <sub>4</sub> -DQO/gSSV	% CH <sub>4</sub>
(1)				
0	-	-	-	
2	28,5	0,302	0,494	
3	28	0,343	0,561	
4	28,5	0,379	0,619	
5	29,5	0,422	0,689	
6	30,5	0,436	0,713	
7	30,5	0,448	0,731	
9	29	0,458	0,748	
(2)				
11	28	0,039	0,063	
12	26	0,059	0,097	
13	27,5	0,090	0,147	
14	27	0,120	0,196	
15	28	0,141	0,231	
16	27	0,158	0,258	
17	28	0,174	0,284	
18	27	0,193	0,315	
19	26,5	0,209	0,342	
20	26,5	0,234	0,382	
21	27	0,254	0,416	
22	27	0,273	0,447	
23	26,5	0,290	0,475	
24	28	0,305	0,499	
25	27,5	0,317	0,518	
26	27	0,326	0,532	
27	27	0,332	0,543	
28	25	0,334	0,546	
29	26	0,334	0,545	
30	26	0,341	0,558	
31	28,5	0,354	0,578	
32	28,5	0,360	0,589	
	AVC inicial (mg/ℓ)	AVC final (mg/ℓ)	Observações	
HAC			SSV = 1,1%	
H Prop				
H But			% CH <sub>4</sub> = 88,0	
Valérico				
Etanol				
Total			Atividade máxima da 1ª e 2ª alimentação =	
	pH inicial	pH final	0,07 e 0,03g DQO-CH <sub>4</sub> / g SSV.d	
	DQOt inicial (mg/ℓ)	DQOt final (mg/ℓ)		

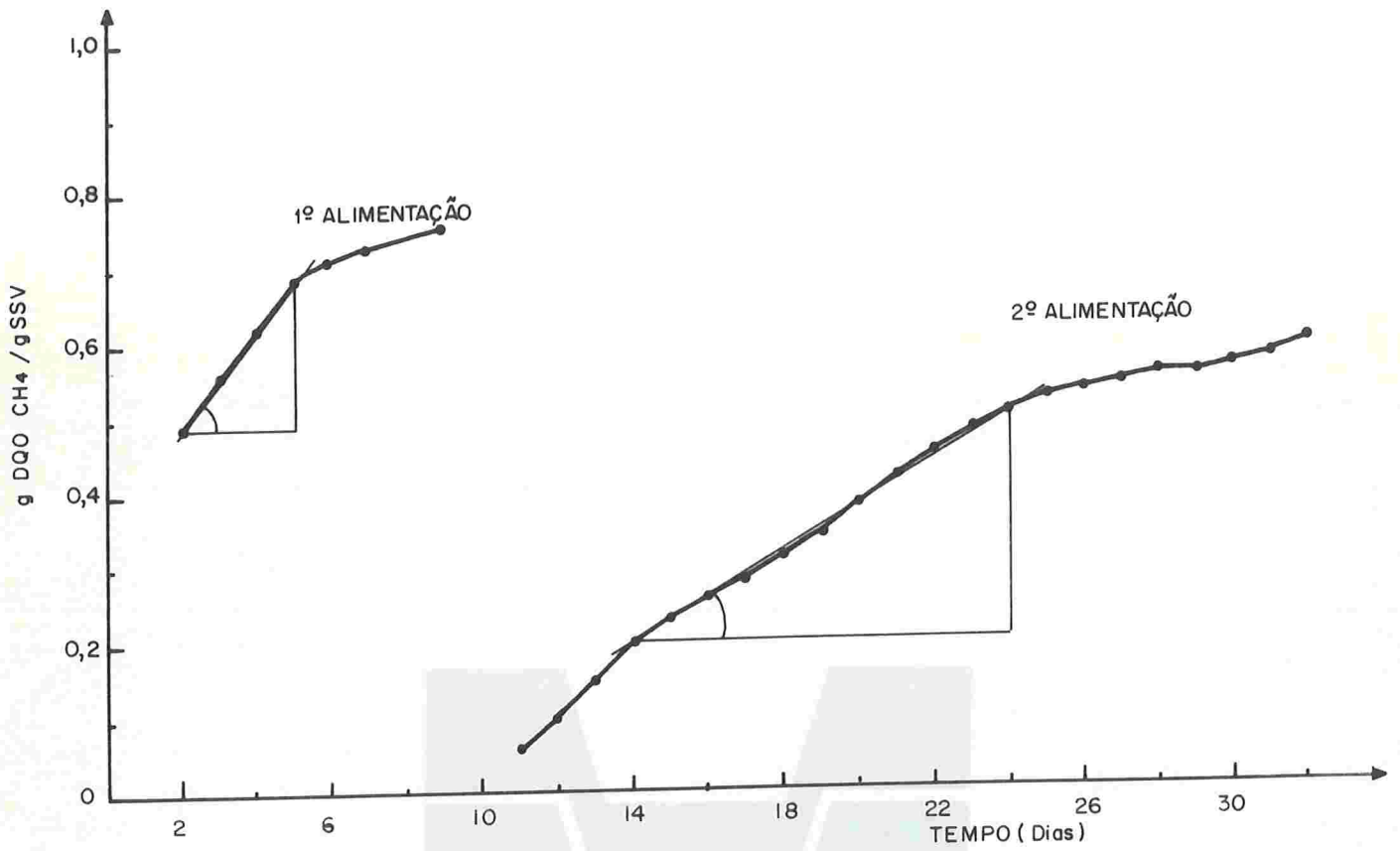


Fig. 4 - Resultado da atividade metanogênica do ensaio 4, representado pelo valor da tangente de inclinação máxima.

CETESB

Tabela 9 : Resultados do ensaio 5 com lodo de esgoto digerido da SABESP em reator de 0,7ℓ de volume útil com duas ali-  
mentações.

Tempo (dias)	Temp. ambiente (°C)	Vol. CH <sub>4</sub> acumul. CNTP( ℓ )	gCH <sub>4</sub> -DQO/gSSV	% CH <sub>4</sub>
(1) 0	-	-	-	
2	28,5	0,299	0,488	
3	28	0,339	0,554	
4	28,5	0,367	0,599	
5	29,5	0,390	0,637	
6	30,5	0,404	0,661	
7	30,5	0,410	0,670	
8	32,5	0,413	0,675	
9	29	0,418	0,682	
(2) 11	28	0,011	0,018	
12	26	0,050	0,082	
13	27,5	0,082	0,135	
14	27	0,112	0,183	
15	28	0,134	0,219	
16	27	0,152	0,249	
17	28	0,170	0,277	
18	27	0,187	0,306	
19	26,5	0,204	0,334	
20	26,5	0,223	0,365	
21	27	0,238	0,389	
22	27	0,251	0,411	
23	26,5	0,264	0,431	
24	28	0,277	0,453	
25	27,5	0,285	0,467	
26	27	0,291	0,475	
27	27	0,297	0,486	
28	25	0,299	0,489	
29	26	0,298	0,489	
30	26	0,298	0,489	
31	28,5	0,298	0,489	
32	28,5	0,298	0,489	
	AVC inicial (mg/ℓ)	AVC final (mg/ℓ)	Observações	
HAC			% CH <sub>4</sub> = 100	
H Prop				
H But				
Valérico			Atividade máxima 1ª alimentação =	
Etanol			0,05g DQO-CH <sub>4</sub> /g SSV.d	
Total				
	pH inicial	pH final	Atividade máxima 2ª alimentação =	
	DQOt inicial(mg/ℓ)	DQOt final(mg/ℓ)	0,05g DQO-CH <sub>4</sub> /g SSV.d	

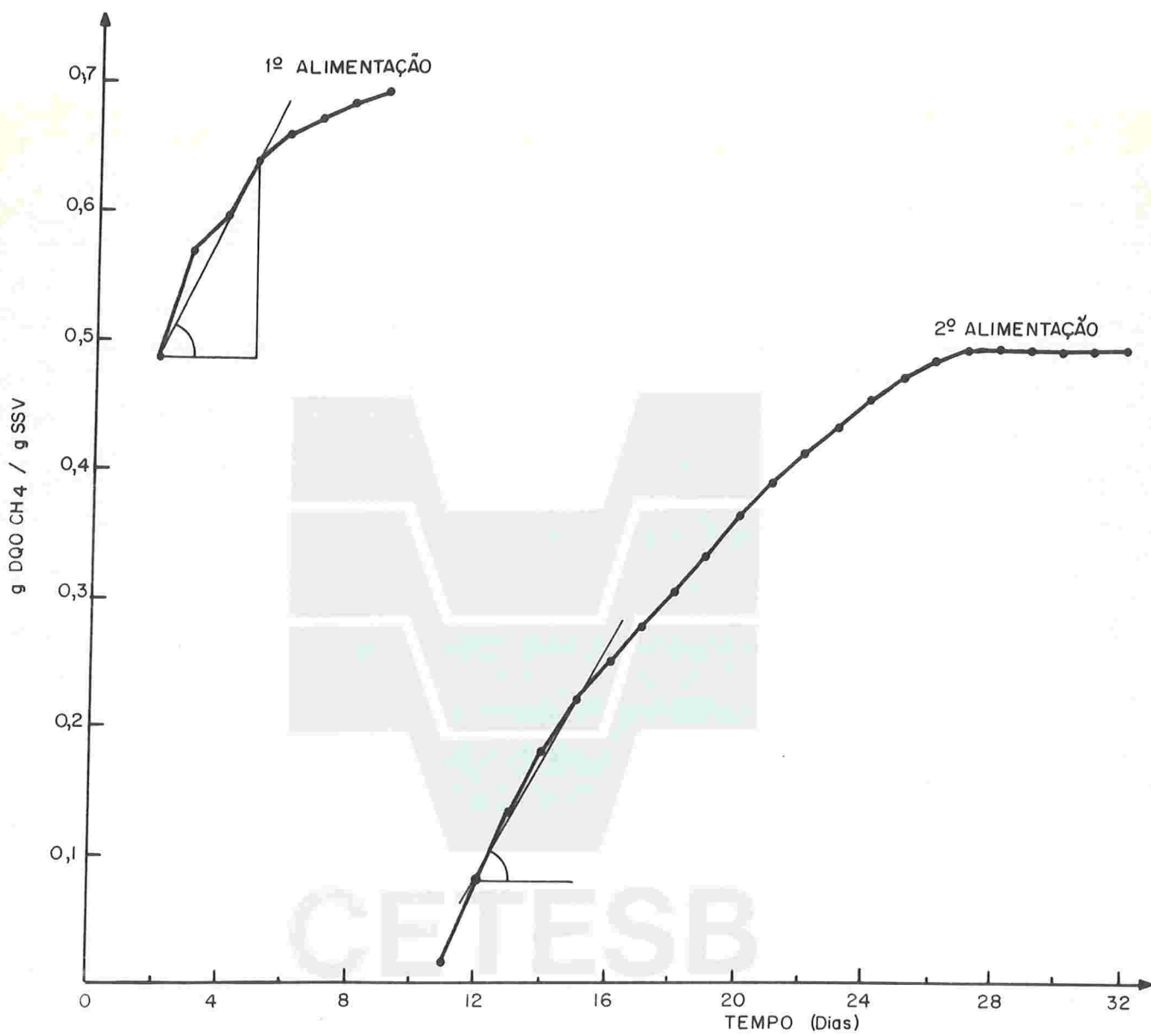


Fig. 5 - Resultado da atividade metanogênica do ensaio 5, representado pelo valor da tangente de inclinação máxima.

Tabela 10 : Resultados do ensaio 6 com lodo de esgoto digerido da SABESP em reator de 0,7ℓ de volume útil, com duas ali-  
mentações.

Tempo (dias)	Temp. ambiente (°C)	Vol. CH <sub>4</sub> acumul. CNTP ( ℓ )	gCH <sub>4</sub> -DQO/gSSV	% CH <sub>4</sub>
(1)				
0	-	-	-	
1	26	0,048	0,078	
2	27,5	0,133	0,218	
3	27	0,202	0,330	
4	28	0,246	0,402	
5	27	0,263	0,430	
6	28	0,283	0,463	
7	27	0,286	0,467	
8	26,5	0,288	0,471	
9	26,5	0,290	0,473	
10	27	0,292	0,478	
11	27,5	0,292	0,478	
12	26,5	0,292	0,478	
(2)				
13	28	0,000	0,000	
15	27	0,030	0,049	
16	27	0,070	0,115	
17	25	0,117	0,191	
18	26	0,168	0,275	
19	26	0,214	0,349	
20	28,5	0,260	0,425	
21	28,5	0,286	0,468	
22	29,5	0,305	0,498	
	AVC inicial (mg/ℓ)	AVC final (mg/ℓ)	Observações	
HAC	469	-	SSV = 1,5%	
H Prop	471	-		
H But	344	-		
Valérico	-	-	Atividade máxima 1ª alimentação =	
Etanol	-	-	0,11g DQO-CH <sub>4</sub> /g SSV.d	
Total	4	-		
	pH inicial	pH final	Atividade máxima 2ª alimentação =	
	-	-	0,08g DQO-CH <sub>4</sub> /g SSV.d	
	DQOt inicial (mg/ℓ)	DQOt final (mg/ℓ)		
	-	-		

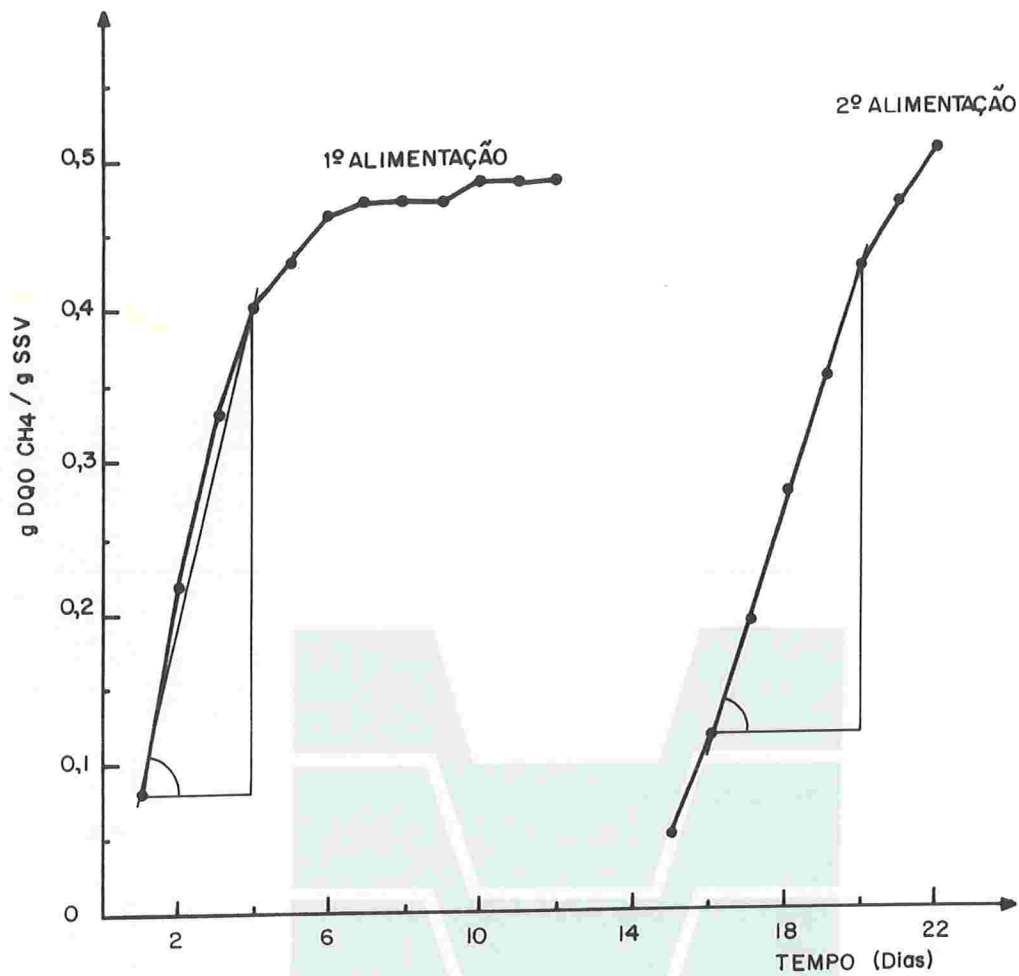


Fig. 6 - Resultado da atividade metanogênica do ensaio 6, representado pelo valor da tangente de inclinação máxima.

CETESB

Tabela 11: Resultados do ensaio 7 com lodo de esgoto digerido da SABESP em reator de 0,7ℓ de volume útil com duas ali-  
mentações.

Tempo (dias)	Temp. ambiente (°C)	Vol. CH <sub>4</sub> acumul. CNTP (ℓ)	gCH <sub>4</sub> -DQO/gSSV	% CH <sub>4</sub>
(1)				
0	-	-	-	
1	26	0,059	0,097	
2	27,5	0,145	0,237	
3	27	0,221	0,361	
4	28	0,253	0,413	
5	27	0,266	0,436	
6	28	0,280	0,458	
7	27	0,283	0,462	
8	26,5	0,283	0,465	
9	26,5	0,286	0,468	
10	27	0,287	0,470	
11	27,5	0,287	0,470	
12	26,5	0,288	0,471	
(2)				
13	28	0,000	0,000	
14	27	0,010	0,016	
15	27	0,047	0,077	
16	25	0,092	0,151	
17	26	0,145	0,237	
18	26	0,193	0,316	
19	28,5	0,232	0,380	
20	28,5	0,269	0,440	
21	29,5	0,290	0,474	
22	29	0,301	0,492	
	AVC inicial (mg/ℓ)	AVC final (mg/ℓ)	Observações	
HAC	469	-	SSV = 1,5%	
H Prop	471	-		
H But	344	-		
Valérico	-	-		
Etanol	-	-	Atividade máxima 1ª alimentação =	
Total	1284	-	0,13g DQO-CH <sub>4</sub> /g SSV.d	
	pH inicial	pH final	Atividade máxima 2ª alimentação =	
	-	-	0,07gDQO-CH <sub>4</sub> /g SSV.d	
	DQOt inicial (mg/ℓ)	DQOt final (mg/ℓ)		
	-	-		

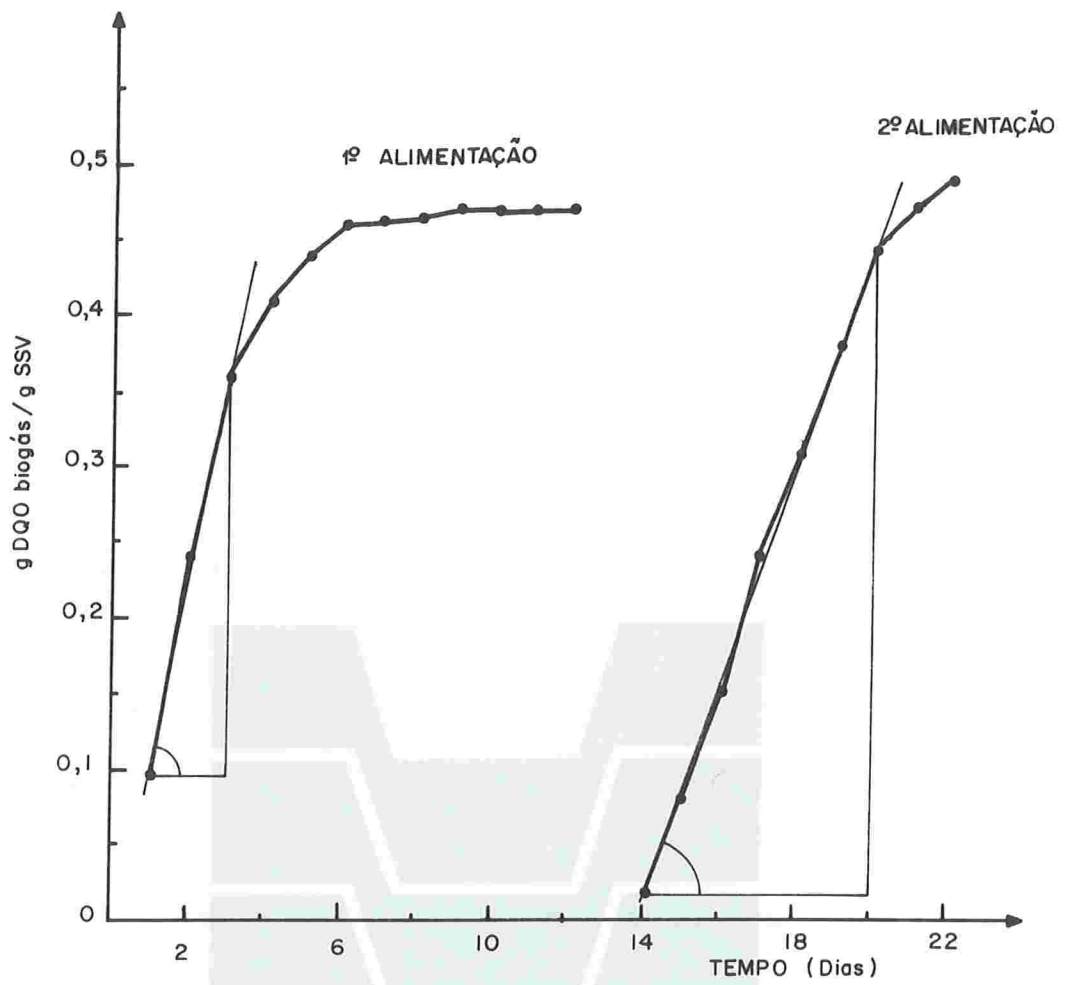


Fig. 7 - Resultado da atividade metanogênica do ensaio 7, representado pelo valor da tangente de inclinação máxima.

CETESB

Tabela 12: Resultados do ensaio 8 com lodo do digester de fluxo ascendente de 106ℓ em reatorde 0,7ℓ de volume útil.

Tempo (dias)	Temp. ambiente (°C)	Vol. CH <sub>4</sub> acumul. CNTP (ℓ)	gCH <sub>4</sub> -DQO/gSSV	% CH <sub>4</sub>
0		-	-	
0,8		0,05	0,08	
1,2		0,1	0,17	
2,1		0,2	0,33	
2,8		0,27	0,44	
3,1		0,4	0,65	
4,0		0,48	0,78	
5,0		0,6	0,98	
6,0		0,68	1,11	
8,0		0,81	1,33	
9,2		0,9	1,47	
9,4		0,93	1,52	
10,2		0,98	1,60	
12,3		1,05	1,71	
13,9		1,18	1,93	
	AVC inicial (mg/ℓ)	AVC final (mg/ℓ)	Observações	
HAC	615	-		
H Prop	643	-		
H But	560	-	Atividade máxima = 0,21g DQO-CH <sub>4</sub> /g SSV.d	
Valérico	-	-		
Etanol	-	-		
Total	1818	-		
	pH inicial	pH final		
	7,0	-		
	DQOt inicial (mg/ℓ)	DQOt final (mg/ℓ)		
	-	-		

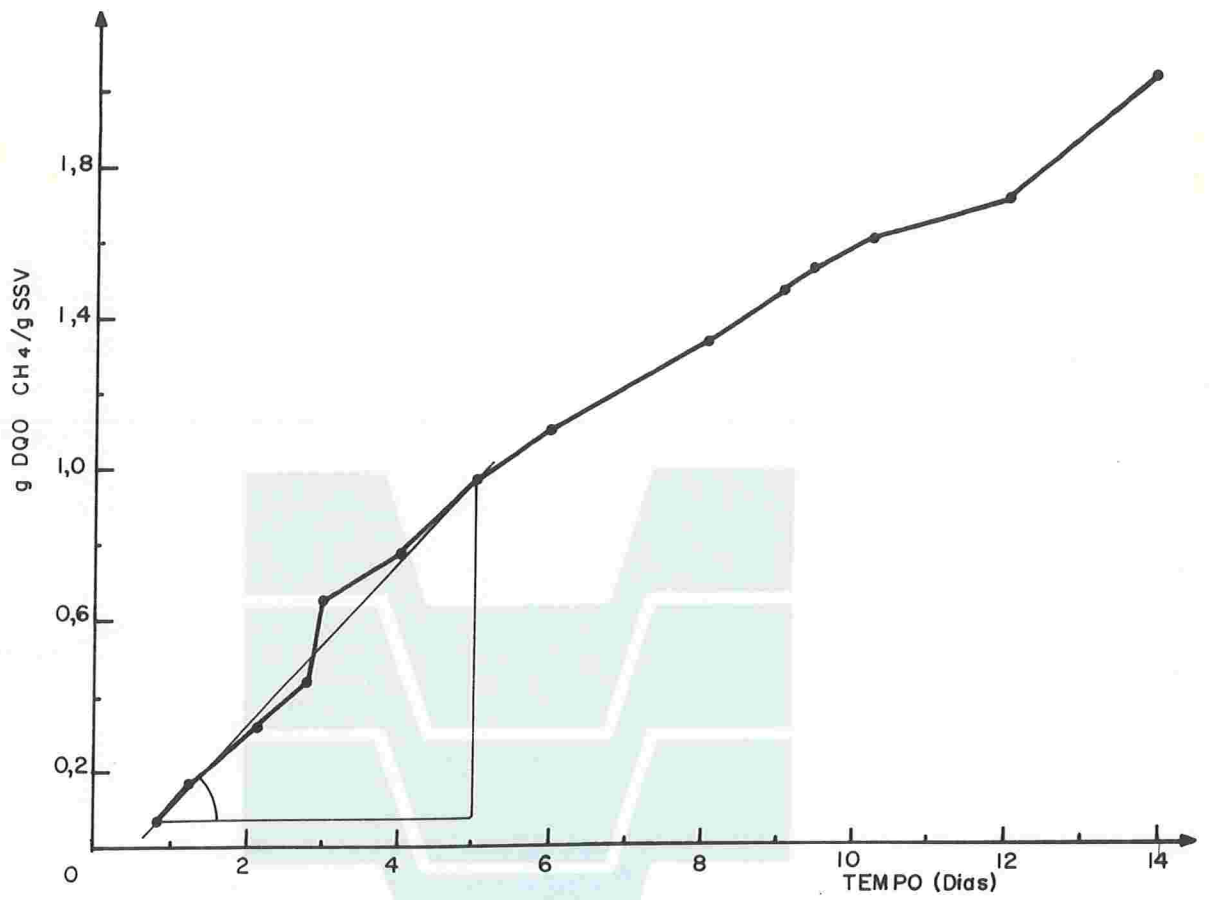


Fig. 8 - Resultado da atividade metanogênica do ensaio 8, re-  
presentado pelo valor da tangente de inclinação máxi-  
ma.

CETESB

Tabela 13: Resultados do ensaio 9 com lodo do digester de fluxo ascendente de 120m<sup>3</sup> (ponto 1) em reator de 0,7ℓ de volume útil com duas alimentações.

Tempo (dias)	Temp. ambiente (°C)	Vol. CH <sub>4</sub> acumul. CNTP (ℓ)	gCH <sub>4</sub> -DQO/gSSV	% CH <sub>4</sub>
(1)				
0	-	-	-	
2	28	0,020	0,030	
3,3	28	0,030	0,050	
4,3	28	0,040	0,060	
5,2	30	0,050	0,070	
5,5	29	0,050	0,070	
6,2	29	0,050	0,080	
7,2	28	0,070	0,110	
8,2	26	0,080	0,140	
9,2	25	0,110	0,180	
10,2	26	0,150	0,250	
11,2	25	0,190	0,300	
12,2	24	0,210	0,340	
13,2	24	0,230	0,370	
14,2	27	0,240	0,400	
16	27	0,250	0,410	
19	24	0,260	0,420	
(2)				
19,2	25	0,073	0,119	
19,9	24	0,105	0,171	
20	24	0,124	0,203	
20,3	24	0,133	0,218	
20,7	25	0,138	0,225	
21,4	22	0,139	0,228	
21,7	25	0,144	0,236	
22,4	22,5	0,148	0,242	
	AVC inicial (mg/ℓ)	AVC final (mg/ℓ)	Observações	
HAC	571	-		
H Prop	557	-		
H But	375	-	Atividade máxima 1ª alimentação = 0,04g DQO-CH <sub>4</sub> /g SSV.d	
Valérico	-	-		
Etanol	-	-		
Total	1.503	-		
	pH inicial	pH final	Atividade máxima 2ª alimentação = 0,07g DQO-CH <sub>4</sub> /g SSV.d	
	DQOt inicial (mg/ℓ)	DQOt final (mg/ℓ)		



Fig. 9 - Resultado da atividade metanogênica do ensaio 9, representado pelo valor da tangente de inclinação máxima.

Tabela 14: Resultados do ensaio 10 com lodo do digester de fluxo ascendente de 120m<sup>3</sup> (ponto 1) em reator de 0,7ℓ de volume útil, com duas alimentações.

Tempo (dias)	Temp. ambiente (°C)	Vol. CH <sub>4</sub> acumul. CNTP( ℓ )	gCH <sub>4</sub> -DQO/gSSV	% CH <sub>4</sub>
(1)				
1	26,5	0,01	0,02	
2	28,0	0,01	0,02	
3,3	28,0	0,02	0,03	
4,3	28,0	0,02	0,04	
5,2	30,0	0,03	0,05	
5,5	29,0	0,03	0,05	
6,2	29,0	0,03	0,05	
7,2	28,0	0,05	0,08	
8,2	26,0	0,06	0,09	
9,2	25,0	0,08	0,13	
10,2	26,0	0,12	0,20	
11,2	25,0	0,15	0,25	
12,2	24,0	0,18	0,30	
13,2	24,0	0,20	0,33	
14,2	27,0	0,22	0,36	
14,8	27,0	0,22	0,37	
16,1	27,0	0,23	0,38	
19,1	24,0	0,23	0,38	
(2)				
19,2	25	0,055	0,089	
19,9	24	0,083	0,135	
20,0	24	0,092	0,151	
20,3	24	0,095	0,155	
20,7	25	0,099	0,155	
21,4	22	0,102	0,162	
21,7	25	0,104	0,167	
22,4	22,5		0,169	
	AVC inicial (mg/ℓ)	AVC final (mg/ℓ)	Observações	
HAC	-	-		
H Prop	-	-	Atividade máxima 1ª alimentação =	
H But	-	-	0,05g DQO-CH <sub>4</sub> /g SSV.d	
Valérico	-	-		
Etanol	-	-		
Total	-	-		
	pH inicial	pH final	Atividade máxima 2ª alimentação =	
	-	-	0,08g DQO-CH <sub>4</sub> /g SSV.d	
	DQOt inicial(mg/ℓ)	DQOt final(mg/ℓ)		
	-	-		

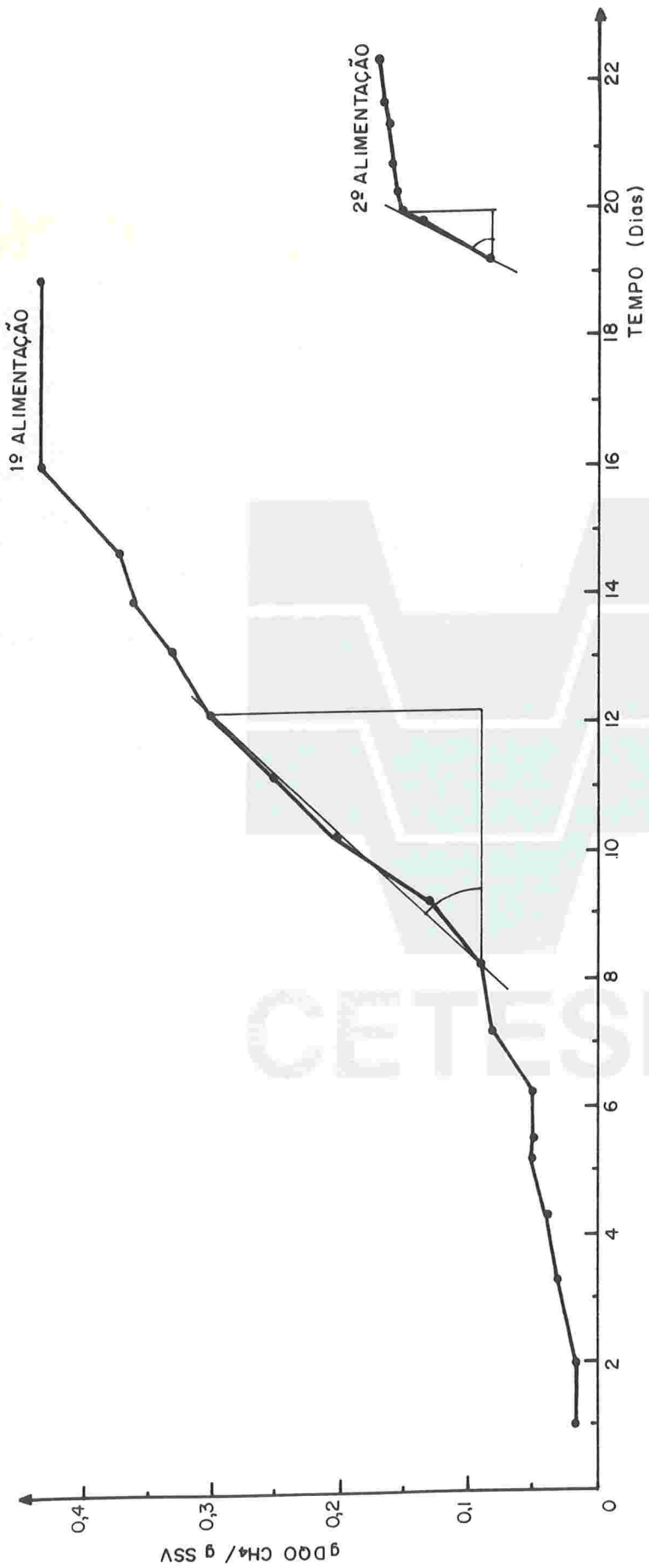


Fig. 10 - Resultado da atividade metanogênica do ensaio 10, representado pelo valor da tangente de inclinação máxima.

Tabela 15: Resultados do ensaio 11 com lodo do digestor de fluxo ascendente de 106 (ponto 1) em reator com 0,7ℓ de volume útil.

Tempo (dias)	Temp. ambiente (°C)	Vol. CH <sub>4</sub> acumul. CNTP (ℓ)	gCH <sub>4</sub> -DQO/gSSV	% CH <sub>4</sub>
0,3	28	0,024	0,04	
0,6	27,5	0,028	0,046	
0,8	29	0,044	0,072	
1,0	28,5	0,071	0,116	
1,6	27	0,140	0,226	
1,7	28,5	0,155	0,253	
1,9	28	0,178	0,292	
2,5	27	0,202	0,330	
2,7	25	0,206	0,337	
2,9	26	0,223	0,365	
3,6	25	0,255	0,417	
3,7	24,5	0,265	0,433	
3,9	26,5	0,283	0,463	
4,5	25	0,314	0,513	
4,7	26	0,319	0,522	
4,9	28	0,345	0,563	
5,5	24	0,362	0,591	
5,7	25	0,374	0,612	
5,9	26	0,383	0,626	
6,5	25	0,408	0,666	
6,7	24	0,411	0,671	
6,9	23,5	0,426	0,696	
7,5	24	0,440	0,719	
7,7	24	0,452	0,737	
7,9	25	0,463	0,757	
8,5	24	0,472	0,772	
8,7	28	0,476	0,778	
8,9	27,5	0,488	0,798	
9,5	27	0,493	0,806	
9,8	27	0,504	0,823	

	AVC inicial (mg/ℓ)	AVC final (mg/ℓ)	Observações
HAC	476	-	
H Prop	489	-	Atividade máxima = 0,09g DQO-CH <sub>4</sub> /g SSV.d
H But	361	-	
Valérico	-	-	
Etanol	-	-	
Total	1.326	-	
	pH inicial	pH final	
	-	-	
	DQOt inicial (mg/ℓ)	DQOt final (mg/ℓ)	
	-	-	

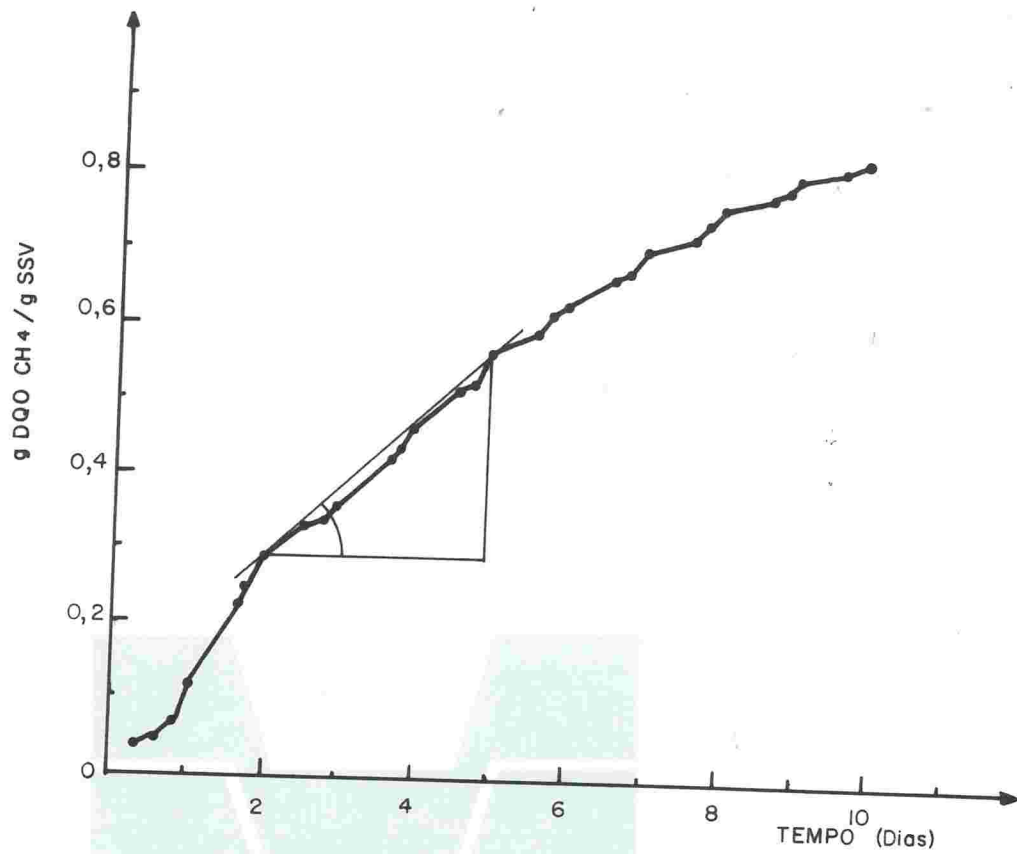


Fig. 11 - Resultado da atividade metanogênica do ensaio 11, representado pelo valor da tangente de inclinação máxima.

CETESB

Tabela 16: Resultados do ensaio 12 com lodo do digestor de fluxo ascendente de 106ℓ (ponto 1) em reator de 0,7ℓ de volume útil.

Tempo (dias)	Temp. ambiente (°C)	Vol. CH <sub>4</sub> acumul. CNTP (ℓ)	gCH <sub>4</sub> -DQO/gSSV	% CH <sub>4</sub>
0,3	28	0,025	0,041	
0,6	27,5	0,040	0,066	
0,8	29	0,043	0,071	
1,0	28,5	0,057	0,094	
1,6	27	0,058	0,095	
1,7	28,5	0,076	0,124	
1,9	28	0,103	0,168	
2,5	27	0,117	0,192	
2,7	25	0,126	0,205	
2,9	26	0,141	0,230	
3,6	25	0,173	0,283	
3,7	24,5	0,182	0,298	
3,9	26,5	0,198	0,324	
4,5	25	0,225	0,368	
4,7	26	0,235	0,384	
4,9	28	0,253	0,413	
5,5	24	0,275	0,449	
5,7	25	0,282	0,461	
5,9	26	0,296	0,483	
6,5	25	0,317	0,518	
6,7	24	0,326	0,532	
6,9	23,5	0,335	0,548	
7,5	24	0,352	0,575	
7,7	24	0,363	0,594	
7,9	25	0,373	0,610	
8,5	24	0,391	0,639	
8,7	28	0,396	0,648	
8,9	27,5	0,407	0,665	
9,5	27	0,415	0,678	
9,8	27	0,423	0,691	

	AVC inicial (mg/ℓ)	AVC final (mg/ℓ)	Observações
HAC	520	-	
H Prop	540	-	
H But	377	-	Atividade máxima = 0,08g DQO-CH <sub>4</sub> /g SSV.d
Valérico	-	-	
Etanol	-	-	
Total	1.437	-	
	pH inicial	pH final	
	-	-	
	DQOt inicial (mg/ℓ)	DQOt final (mg/ℓ)	
	-	-	

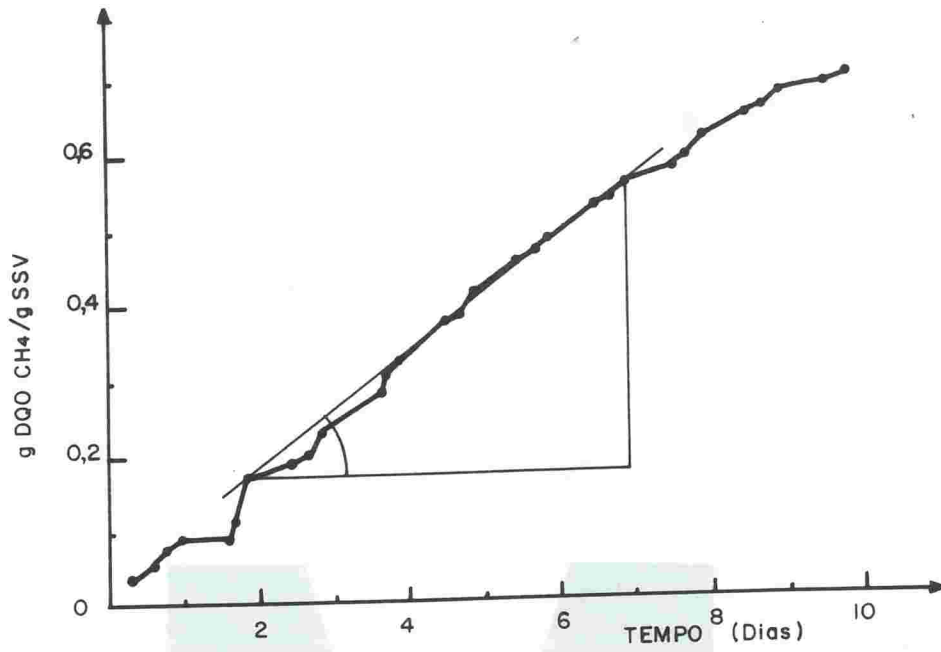


Fig. 12 - Resultado da atividade metanogênica do ensaio 12, representado pelo valor da tangente de inclinação máxima.

CETESB

Tabela 17: Resultados do ensaio 13 com lodo do digestor de fluxo ascendente de 120m<sup>3</sup> (ponto 1) em reator de 0,3ℓ de volume útil.

Tempo (dias)	Temp. ambiente (°C)	Vol. CH <sub>4</sub> acumul. CNTP (ℓ)	gCH <sub>4</sub> -DQO/gSSV	% CH <sub>4</sub>
0,08	32	0,010	0,036	
0,1	27	0,011	0,040	
0,2	25	0,013	0,050	
0,8	28	0,016	0,062	
1,2	30	0,016	0,061	
1,8	29	0,017	0,064	
1,9	29	-	-	
2,0	27	0,019	0,074	
2,0	30	0,021	0,080	
2,2	28	0,021	-	
3,0	29	0,023	0,086	
3,2	29	0,024	0,092	
3,8	27	0,025	0,096	
3,9	27	0,026	0,099	
4,0	27	-	-	
4,8	26,5	0,030	0,114	
5,8	27	0,044	0,167	
6,8	27	0,064	0,244	
7,0	27,5	0,070	0,265	
7,2	28	0,076	0,289	
7,8	27	0,083	0,315	
8,1	27	0,091	0,346	
9,8	26	0,106	0,403	
10,8	26	0,111	0,425	
11,8	26	0,127	0,483	
13,0	28	0,149	0,566	
13,9	28	0,157	0,597	
14,9	27	0,168	0,642	
15,9	27	0,176	0,670	
16,9	27,5	0,181	0,691	
17,8	30	0,188	0,716	
18,8	28	0,193	0,736	
19,8	28	0,195	0,742	
20,8	28	0,196	0,748	

	AVC inicial (mg/ℓ)	AVC final (mg/ℓ)	Observações
HAC	423	417	SSV = 3,0%
H Prop	638	512	
H But	553	365	
Valérico	-	-	Atividade máxima = 0,07g DQO-CH <sub>4</sub> /g SSV.d
Etanol	-	-	
Total	1.614	1.294	
	pH inicial	pH final	
	6,8	7,1	
	DQOt inicial (mg/ℓ)	DQOt final (mg/ℓ)	
	-	-	

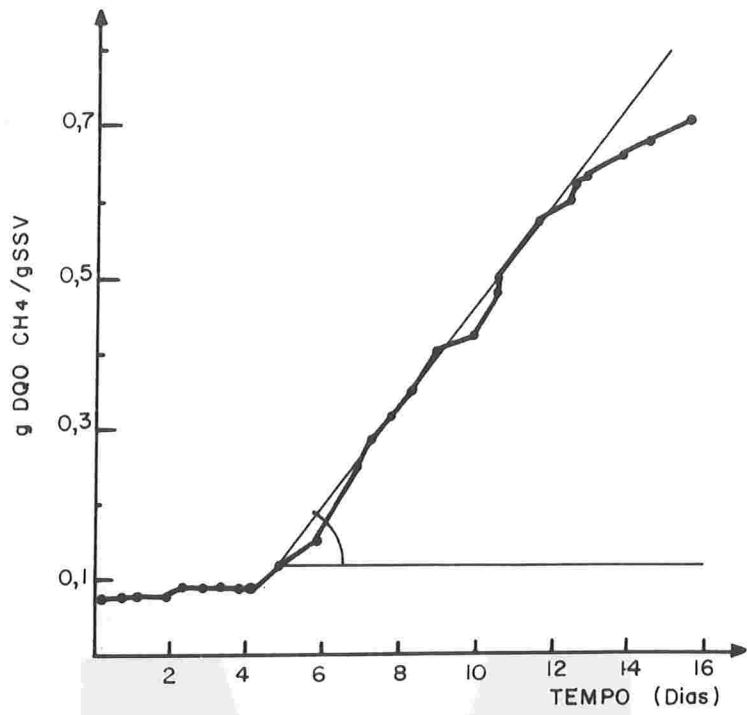


Fig. 13 - Resultado da atividade metanogênica do ensaio 13, representado pelo valor da tangente de inclinação máxima.

CETESB

Tabela 18 : Resultados do ensaio 14 com lodo do digestor de fluxo ascendente de 120m<sup>3</sup> (ponto 1) em reator 0,3ℓ de volume útil.

Tempo (dias)	Temp. ambiente (°C)	Vol. CH <sub>4</sub> acumul. CNTP (ℓ)	gCH <sub>4</sub> -DQO/gSSV	% CH <sub>4</sub>
0,08	32	0,010	0,039	
0,1	27	0,011	0,043	
0,2	25	0,015	0,056	
0,8	28	0,018	0,068	
1,2	30	-	-	
1,8	29	-	-	
1,9	29	0,018	0,068	
2,0	27	0,019	0,074	
2,0	30	-	-	
2,2	28	0,023	0,086	
3,0	29	0,024	0,092	
3,2	29	0,027	0,104	
3,8	27	0,028	0,105	
3,9	27	0,029	0,111	
4,0	27	-	-	
4,8	26,5	0,034	0,130	
5,8	27	0,049	0,185	
6,8	27	0,061	0,232	
7,0	27,5	0,065	0,247	
7,2	28	0,071	0,271	
7,8	27	0,080	0,306	
8,1	27	0,089	0,340	
9,8	26	0,105	0,400	
10,8	26	0,112	0,428	
11,8	26	0,122	0,465	
13,0	28	0,149	0,566	
13,9	28	0,155	0,591	
14,9	27	0,171	0,652	
15,9	27	0,181	0,692	
16,9	27,5	0,190	0,725	
17,8	330	0,199	0,758	
18,8	28	0,203	0,733	
19,8	28	0,204	0,779	
20,8	28	0,205	0,782	

	AVC inicial (mg/ℓ)	AVC final (mg/ℓ)	Observações
HAC	433	17	SSV = 3,0%
H Prop	643	17	
H But	559	23	
Valérico	-	-	Atividade máxima = 0,05g DQO-CH <sub>4</sub> /g SSV.d
Etanol	-	-	
Total	1635	57	
	pH inicial	pH final	
	6,9	7,0	
	DQO <sub>t</sub> inicial (mg/ℓ)	DQO <sub>t</sub> final (mg/ℓ)	
	-	-	

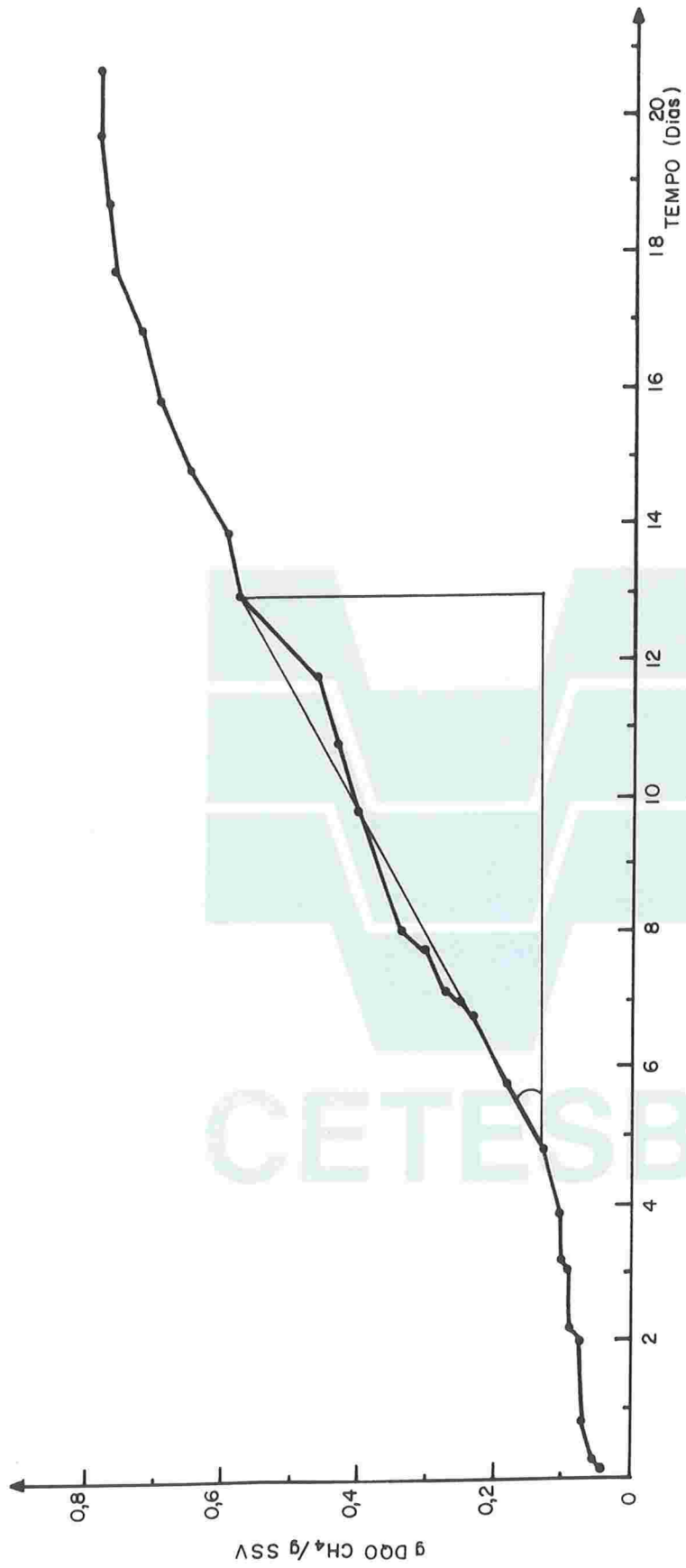


Fig. 14 - Resultado da atividade metanogênica do ensaio 14, representado pelo valor da tangente de inclinação máxima.

Tabela 19: Resultados do ensaio 15 com lodo do digester de fluxo ascendente de 120m<sup>3</sup> (ponto 1) em reator de 0,3ℓ de volume útil.

Tempo (dias)	Temp. ambiente (°C)	Vol. CH <sub>4</sub> acumul. CNTP( ℓ )	gCH <sub>4</sub> -DQO/gSSV	% CH <sub>4</sub>
0,2	25	0,016	0,062	
0,8	28	0,021	0,080	
1,0	27,5	0,021	0,080	
1,2	30,0	0,026	0,098	
1,8	29,0	0,029	0,110	
2,0	27,0	0,032	0,124	
2,2	28,0	0,039	0,148	
2,8	29,0	0,043	0,163	
3,0	29,0	0,044	0,169	
3,2	29,0	0,047	0,178	
3,8	27,0	0,048	0,183	
4,0	27,0	0,049	0,185	
4,8	26,0	0,054	0,205	
5,8	27,0	0,057	0,216	
6,8	27,5	0,058	0,222	
7,0	27,5	0,058	0,222	
7,2	28	0,061	0,234	
7,8	27	0,062	0,235	
8,0	27	0,062	0,235	

	AVC inicial (mg/ℓ)	AVC final (mg/ℓ)	Observações
HAC	8	0	SSV = 3,0%
H Prop	-	0	
H But	-	-	
Valérico	-	-	Atividade máxima = 0,04gDQO-CH <sub>4</sub> /g SSV.d
Etanol	35	0	
Total	8	0	
	pH inicial	pH final	
	6,9	-	
	DQOt inicial (mg/ℓ)	DQOt final (mg/ℓ)	
	-	-	

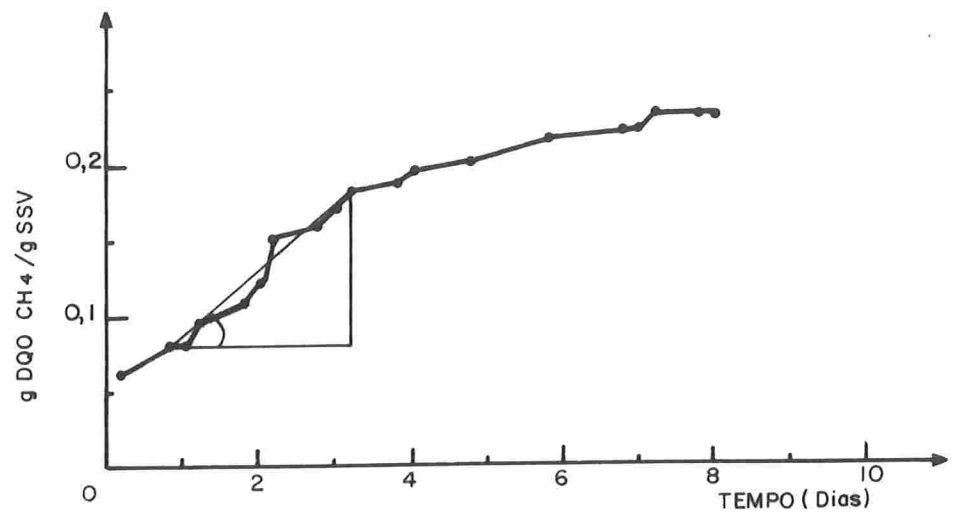


Fig. 15 - Resultado da atividade metanogênica do ensaio 15, representado pelo valor da tangente de inclinação máxima.



CETESB

Tabela 20: Resultados do ensaio 16 com lodo do digestor de fluxo ascendente de 120m<sup>3</sup> (ponto 1) em reator com 0,3ℓ de volume útil.

Tempo (dias)	Temp. ambiente (°C)	Vol. CH <sub>4</sub> acumul. CNTP ( ℓ )	gCH <sub>4</sub> -DQO/gSSV	% CH <sub>4</sub>
0,2	25	0,013	0,050	
0,8	28	0,018	0,068	
1,0	27,5	0,018	0,068	
1,2	30,0	0,018	0,067	
1,8	29,0	0,018	0,068	
2,0	27,0	0,018	0,068	
2,2	28,0	0,021	0,080	
2,8	29,0	0,026	0,098	
3,0	29,0	0,028	0,107	
3,2	29,0	0,031	0,117	
3,8	27,0	0,032	0,124	
4,0	27,0	0,032	0,124	
4,8	26,0	0,034	0,130	
5,8	27,0	0,034	0,130	
6,8	27,5	0,035	0,133	
7,0	27,5	0,036	0,136	
7,2	28	0,037	0,142	
7,8	27	0,037	0,142	
8,0	27	0,037	0,142	

	AVC inicial (mg/ℓ)	AVC final (mg/ℓ)	Observações
HAC			SSV = 3,0%
H Prop			
H But			
Valérico			Atividade máxima = 0,04g DQO-CH <sub>4</sub> /g SSV.d
Etanol			
Total			
	pH inicial	pH final	
	6,9	-	
	DQOt inicial (mg/ℓ)	DQOt final (mg/ℓ)	
	-	-	

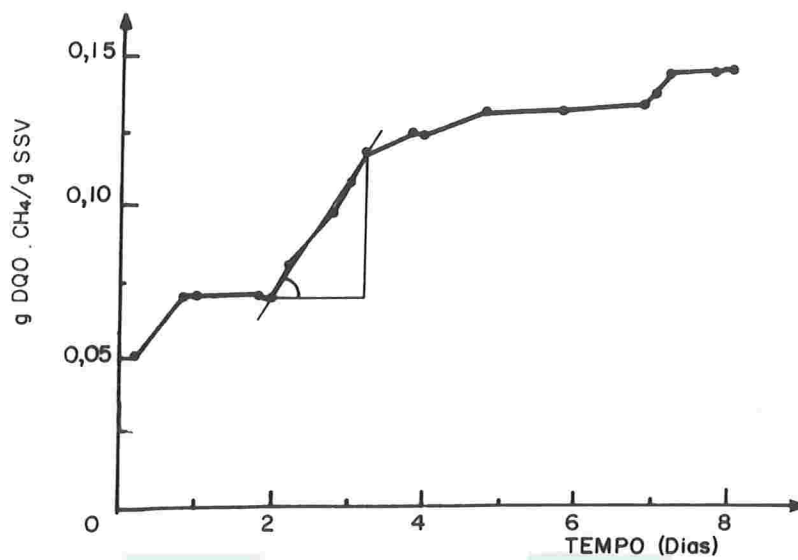


Fig. 16 - Resultado da atividade metanogênica do ensaio 16, representado pelo valor da tangente de inclinação máxima.

CETESB

Tabela 21: Resultados do ensaio 17 com lodo do digestor de fluxo ascendente de 120m<sup>3</sup> (ponto 1) em reator de 0,3ℓ de volume útil.

Tempo (dias)	Temp. ambiente (°C)	Vol. CH <sub>4</sub> acumul. CNTP (ℓ)	gCH <sub>4</sub> -DQO/gSSV	% CH <sub>4</sub>
0,2	31	0,006	0,024	
0,8	30	0,022	0,086	
1,0	30	0,026	0,098	
1,2	31	0,032	0,122	
1,9	29	0,047	0,178	
2,0	29	0,052	0,196	
2,2	29	0,058	0,221	
2,9	28	0,076	0,289	
3,9	28	0,102	0,388	
4,9	28	0,124	0,474	
5,2	29	0,129	0,491	
5,9	28	0,131	0,499	
6,0	29	0,135	0,516	
6,2	28	0,147	0,560	
6,8	27	0,147	0,562	
7,0	28	0,149	0,567	
7,2	29	0,167	0,638	
8,0	28	0,168	0,640	
8,2	27	0,178	0,680	
8,9	26	0,179	0,682	
9,0	27	0,186	0,710	
9,9	27	0,188	0,717	
10,8	25	0,202	0,771	
11,9	27	0,219	0,837	
12,2	27	0,222	0,846	
13,2	27	0,224	0,853	
13,9	25	0,255	0,858	
14,9	26	0,224	0,855	
15,2	32	0,222	0,845	

	AVC inicial (mg/ℓ)	AVC final (mg/ℓ)	Observações
HAC			SSV = 2,3%
H Prop			
H But			% CH <sub>4</sub> = 61,0
Valérico			
Etanol			
Total			Atividade máxima = 0,10g DQO-CH <sub>4</sub> /g SSV.d
	pH inicial	pH final	
	7,0	-	
	DQOt inicial (mg/ℓ)	DQOt final (mg/ℓ)	
	5350	-	

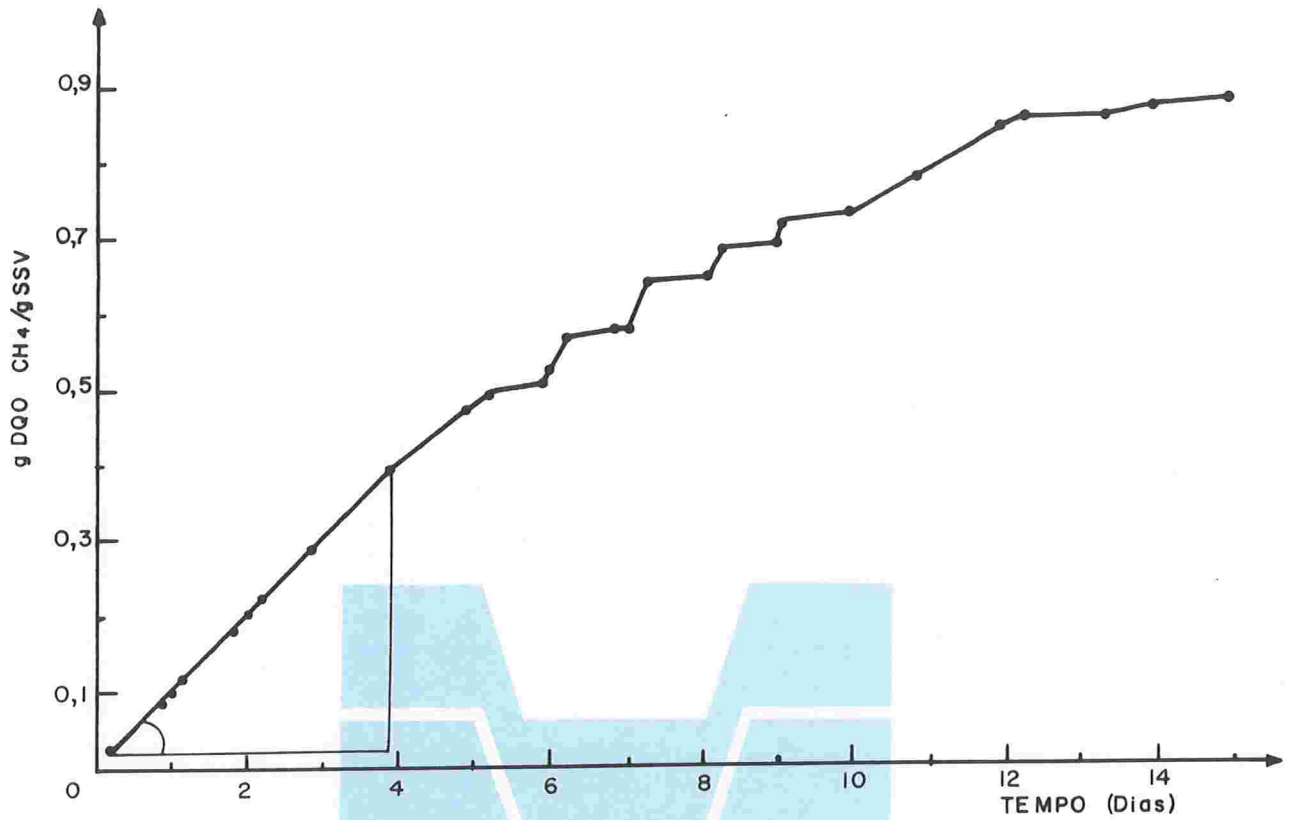


Fig. 17 - Resultado da atividade metanogênica do ensaio 17, representado pelo valor da tangente de inclinação máxima.

CETESB

Tabela 22: Resultados do ensaio 18 com lodo do digestor de fluxo ascendente de 120m<sup>3</sup> (ponto 1) em reator com 0,7ℓ de volume util.

Tempo (dias)	Temp. ambiente (°C)	Vol. CH <sub>4</sub> acumul. CNTP (ℓ)	gCH <sub>4</sub> -DQO/gSSV	% CH <sub>4</sub>
0,2	31	0,013	0,021	
0,8	30	0,026	0,042	
1,0	30	0,029	0,047	
1,2	31	0,040	0,065	
1,9	29	0,040	0,065	
1,9	29	0,055	0,089	
2,0	29	0,060	0,097	
2,2	29	0,071	0,116	
2,9	28	0,098	0,161	
3,9	28	0,139	0,227	
4,9	28	0,200	0,327	
5,0	29	0,209	0,342	
5,2	29	0,212	0,342	
6,2	28	0,274	0,449	
6,9	27	0,293	0,479	
7,2	29	0,330	0,539	
8,0	28	0,349	0,570	
8,2	27	0,361	0,590	
8,9	26	0,375	0,614	
9,0	27	0,387	0,633	
9,9	27	0,411	0,672	
10,8	27	0,426	0,696	
11,9	27	0,462	0,755	
12,9	27	0,471	0,770	
13,2	27	0,480	0,784	
13,9	25	0,483	0,789	
14,0	25	0,483	0,789	
14,2	25	0,483	0,789	
14,9	25	0,483	0,789	
15,0	27,5	0,484	0,790	
15,2	27	0,484	0,792	
15,9	26	0,488	0,797	
	AVC inicial (mg/ℓ)	AVC final (mg/ℓ)	Observações	
HAC			SSV = 2,3%	
H Prop				
H But			% CH <sub>4</sub> = 72	
Valérico				
Etanol				
Total			Atividade máxima = 0,09g DQO-CH <sub>4</sub> /g SSV.d	
	pH inicial	pH final		
	7,0	-		
	DQOt inicial (mg/ℓ)	DQOt final (mg/ℓ)		
	5350	-		

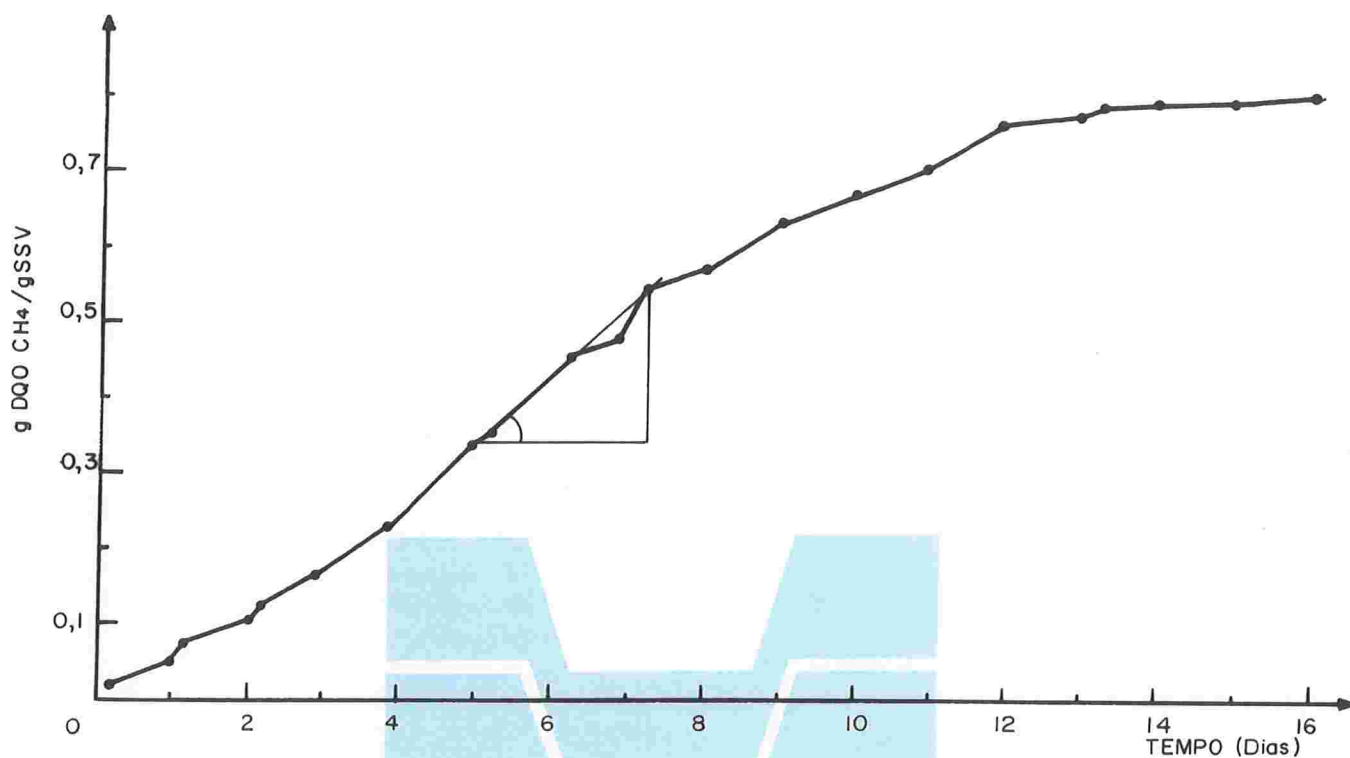


Fig. 18 - Resultado da atividade metanogênica do ensaio 18, representado pelo valor da tangente de inclinação máxima.

CETESB

Tabela 23: Resultados do ensaio 19 com lodo do digestor de fluxo ascendente de 120m<sup>3</sup> (ponto 1) em reator de 0,7ℓ de volume útil.

Tempo (dias)	Temp. ambiente (°C)	Vol. CH <sub>4</sub> acumul. CNTP ( ℓ )	gCH <sub>4</sub> -DQO/gSSV	% CH <sub>4</sub>
0,2	31	0,014	0,024	
0,8	30	0,029	0,047	
1,2	31	0,037	0,060	
1,9	29	0,055	0,089	
2,2	29	0,071	0,116	
2,8	28	0,103	0,169	
3,9	28	0,147	0,240	
4,9	28	0,203	0,332	
5,2	29	0,215	0,351	
6,1	29	0,275	0,450	
6,9	27	0,291	0,475	
7,2	29	0,332	0,542	
7,9	28	0,342	0,559	
8,2	27	0,363	0,593	
9,0	27	0,371	0,606	
9,9	27	0,376	0,614	
10,8	27	0,380	0,621	
11,9	27	0,395	0,646	
12,0	27	0,399	0,651	
12,2	27	0,413	0,675	
13,2	27	0,421	0,688	
14,0	26	0,434	0,709	
15,2	27	0,449	0,733	
15,9	26	0,455	0,744	
16,2	32	0,465	0,758	
16,9	28	0,551	0,900	
17,9	30	0,549	0,897	
18,8	29,5	0,574	0,937	
19,2	29,5	0,589	0,962	
19,9	25	0,600	0,981	
20,2	25	0,600	0,981	
	AVC inicial (mg/ℓ)	AVC final (mg/ℓ)	Observações	
HAC			SSV = 2,3%	
H Prop				
H But			% CH <sub>4</sub> = 73,0	
Valérico				
Etanol				
Total			Atividade máxima = 0,09g DQO-CH <sub>4</sub> /g SSV.d	
	pH inicial	pH final		
	7,0	-		
	DQOt inicial (mg/ℓ)	DQOt final (mg/ℓ)		
	5350	-		

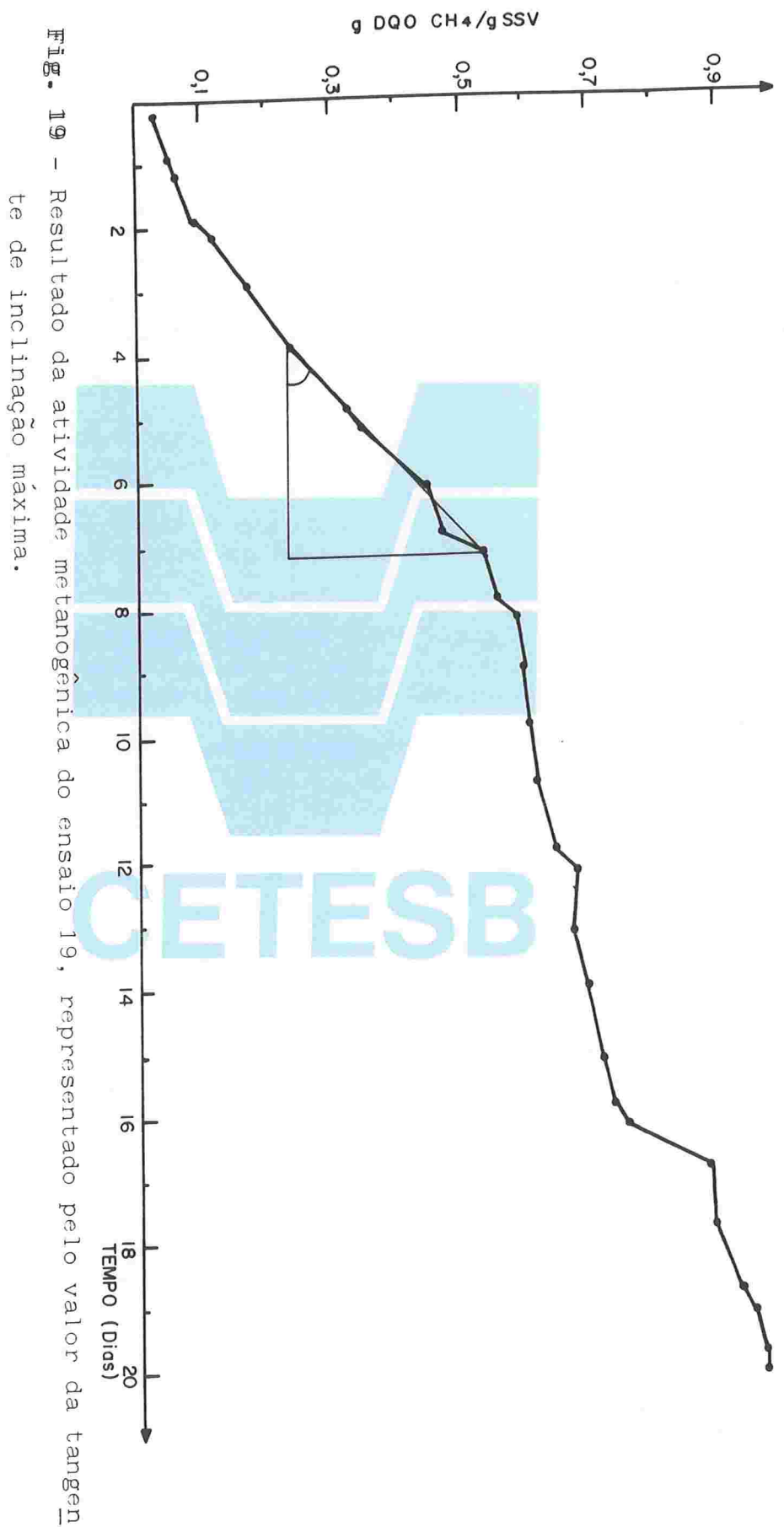


Tabela 24: Resultados do ensaio 20 com lodo do digestor de fluxo ascendente de 120m<sup>3</sup> (ponto 1) em reator com 0,3ℓ de volume útil.

Tempo (dias)	Temp. ambiente (°C)	Vol. CH <sub>4</sub> acumul. CNTP ( ℓ )	gCH <sub>4</sub> -DQO/gSSV	% CH <sub>4</sub>
0,7	25	0,013	0,050	
1,0	29	0,016	0,061	
1,7	25	0,021	0,081	
2,8	26	0,021	0,081	
3,7	26	0,057	0,271	
4,7	26	0,073	0,279	
5,7	25	0,109	0,417	
5,9	27	0,115	0,439	
6,7	26	0,130	0,496	
7,7	26	0,141	0,539	
8,7	26	0,154	0,589	
9,8	28,5	0,163	0,621	
10,7	27	0,164	0,624	
11	32	0,170	0,647	
12	28	0,180	0,686	
12,9	29	0,181	0,690	
13,8	27,5	0,184	0,700	
14,8	28,5	0,188	0,716	
15,8	28	0,193	0,736	
17,8	28,5	0,201	0,765	
20	29	0,213	0,813	

	AVC inicial (mg/ℓ)	AVC final (mg/ℓ)	Observações
HAC	505	27	SSV = 20%
H Prop	466	0	
H But	513	0	
Valérico	-	-	Atividade máxima = 0,14g DQO-CH <sub>4</sub> /g.SSV.d
Etanol	-	-	
Total	1484	27	
	pH inicial	pH final	
	7,0	-	
	DQOt inicial (mg/ℓ)	DQOt final (mg/ℓ)	
	6480	4370	

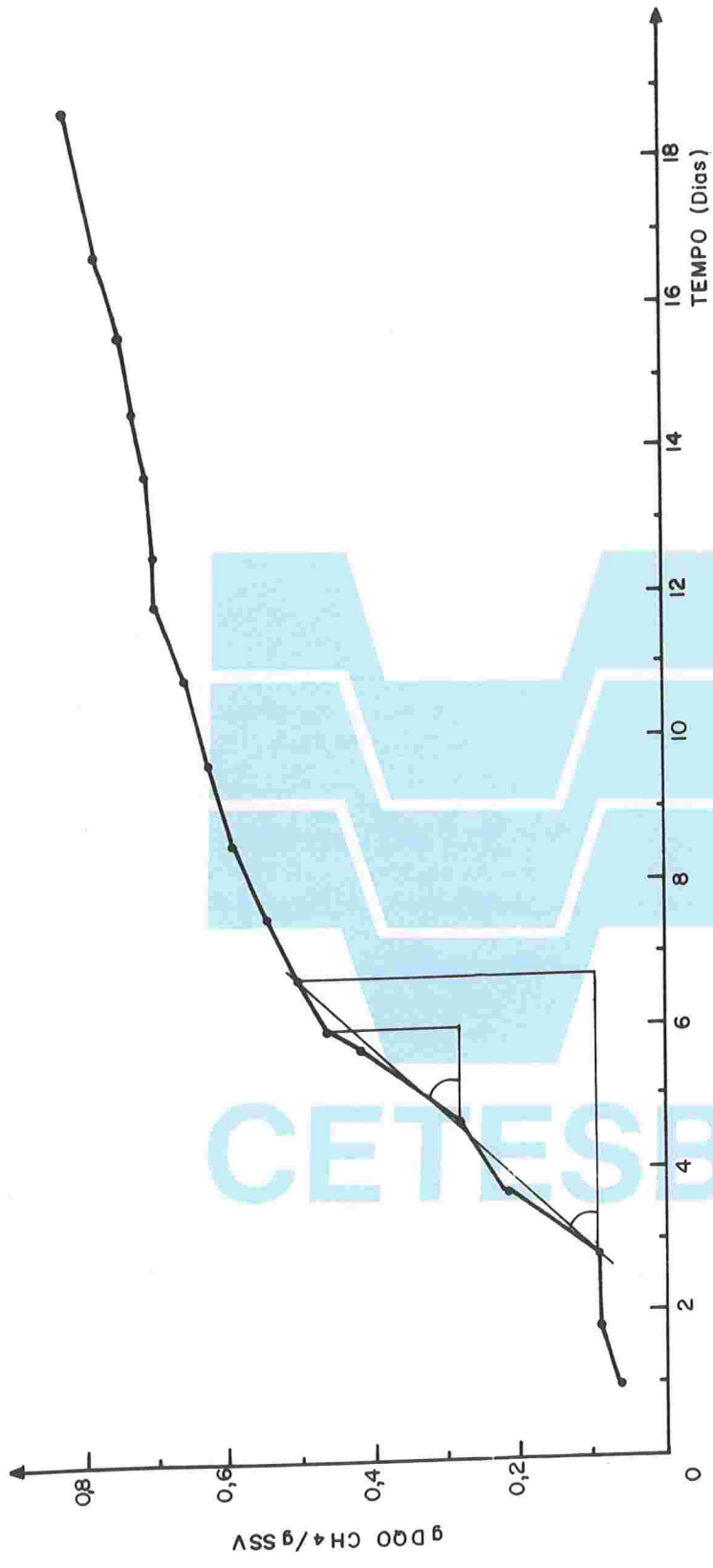


Fig. 20 - Resultado da atividade metanogênica do ensaio 20, representado pelo valor da tangente de inclinação máxima.

Tabela 25 : Resultados do ensaio 21 com lodo do digestor de fluxo ascendente de 120m<sup>3</sup> (ponto 1) em reator com 0,3ℓ de volume útil.

Tempo (dias)	Temp. ambiente (°C)	Vol. CH <sub>4</sub> acumul. CNTP( ℓ )	gCH <sub>4</sub> -DQO/gSSV	% CH <sub>4</sub>
0,7	25	0	0	
1,0	29	0	0	
1,7	25	0,008	0,031	
2,8	26	0,037	0,143	
3,7	26	0,041	0,155	
4,7	26	0,057	0,217	
5,7	25	0,091	0,348	
5,9	27	0,097	0,371	
6,7	26	0,114	0,434	
7,7	26	0,135	0,514	
8,7	26	0,148	0,564	
9,8	28,5	0,155	0,590	
10,7	27	0,172	0,655	
11	32	0,174	0,662	
12	28	0,186	0,708	
12,9	29	0,188	0,718	
13,8	27,5	0,196	0,746	
14,8	28,5	0,211	0,805	
15,8	28	0,216	0,825	
17,8	28,5	0,235	0,896	
20	29	0,253	0,963	

	AVC inicial (mg/ℓ)	AVC final (mg/ℓ)	Observações
HAC			SSV = 2,0%
H Prop			
H But			
Valérico			Atividade máxima = 0,07g DQO-CH <sub>4</sub> /g.SSV.d
Etanol			
Total			
	pH inicial	pH final	
	7,0	-	
	DQOt inicial(mg/ℓ)	DQOt final(mg/ℓ)	
	6480	5450	

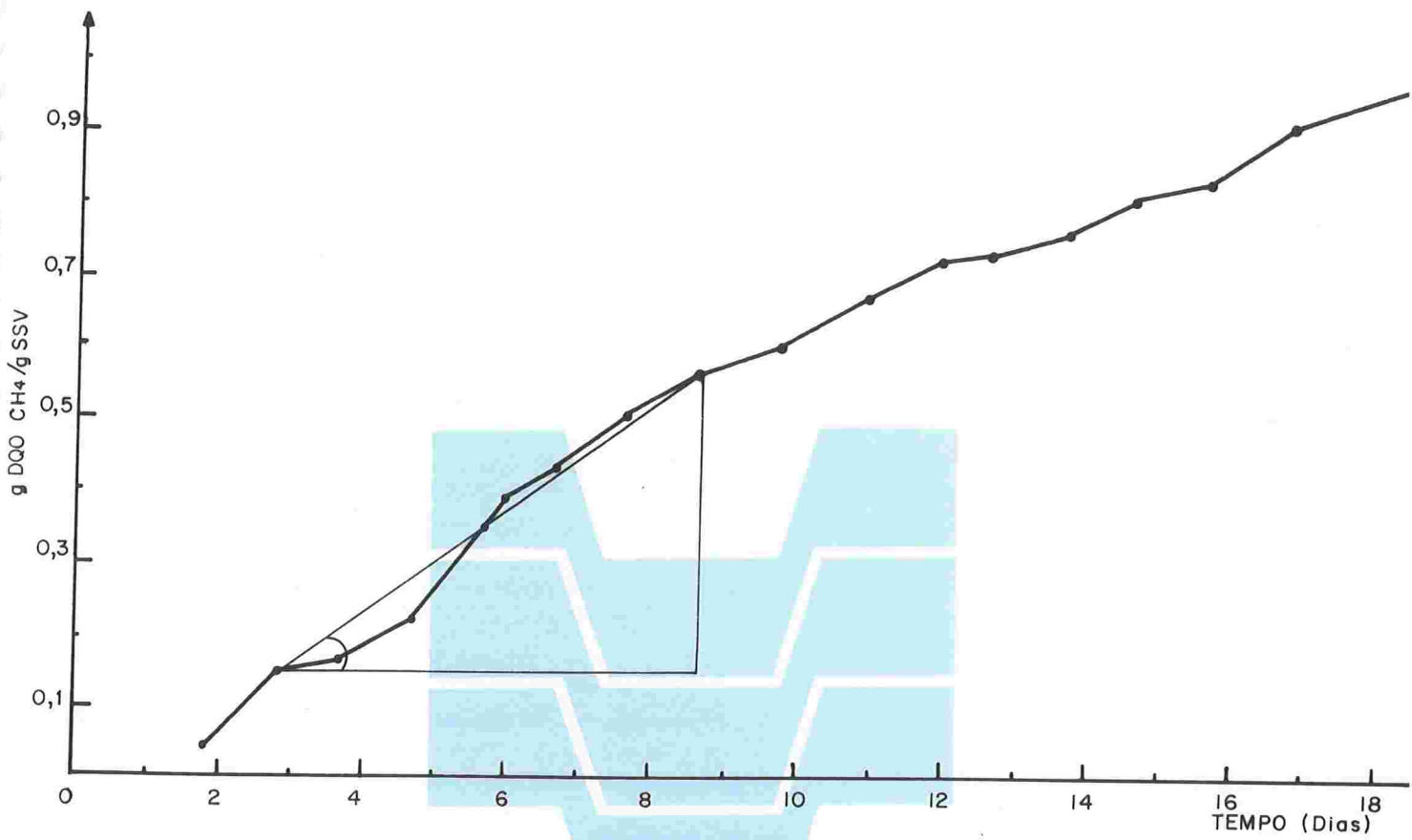


Fig. 21 - Resultado da atividade metanogênica do ensaio 21, representado pelo valor da tangente de inclinação máxima.

CETESB

Tabela 26: Resultados do ensaio 22 com lodo de digestor de fluxo ascendente de 120m<sup>3</sup> (ponto 1) em reator com 0,3ℓ de volume útil.

Tempo (dias)	Temp. ambiente (°C)	Vol. CH <sub>4</sub> acumul. CNTP ( ℓ )	gCH <sub>4</sub> -DQO/gSSV	% CH <sub>4</sub>
0,6	26	0,018	0,068	
1,7	26	0,020	0,074	
2,6	27	0,060	0,229	
2,7	28	0,065	0,249	
2,9	30,5	0,073	0,278	
3,0	31	0,078	0,299	
3,6	28	0,089	0,339	
3,7	29	0,090	0,344	
3,8	30	0,094	0,358	
3,9	31	0,097	0,369	
4,0	30	0,099	0,376	
4,6	28	0,103	0,394	
4,7	28,5	0,104	0,396	
4,9	30,5	0,109	0,415	
5,0	31,0	0,111	0,424	

	AVC inicial (mg/ℓ)	AVC final (mg/ℓ)	Observações
HAC	486	5	SSV = 1,4%
H Prop	525	0	
H But	522	0	% CH <sub>4</sub> = 63,4%
Valérico	-	-	
Etanol	-	-	
Total	1277	5	Atividade máxima = 0,18g DQO-CH <sub>4</sub> /SSV.d
	pH inicial	pH final	
	7,0	7,4	
	DQOt inicial (mg/ℓ)	DQOt final (mg/ℓ)	
	11.400	8440	

Of

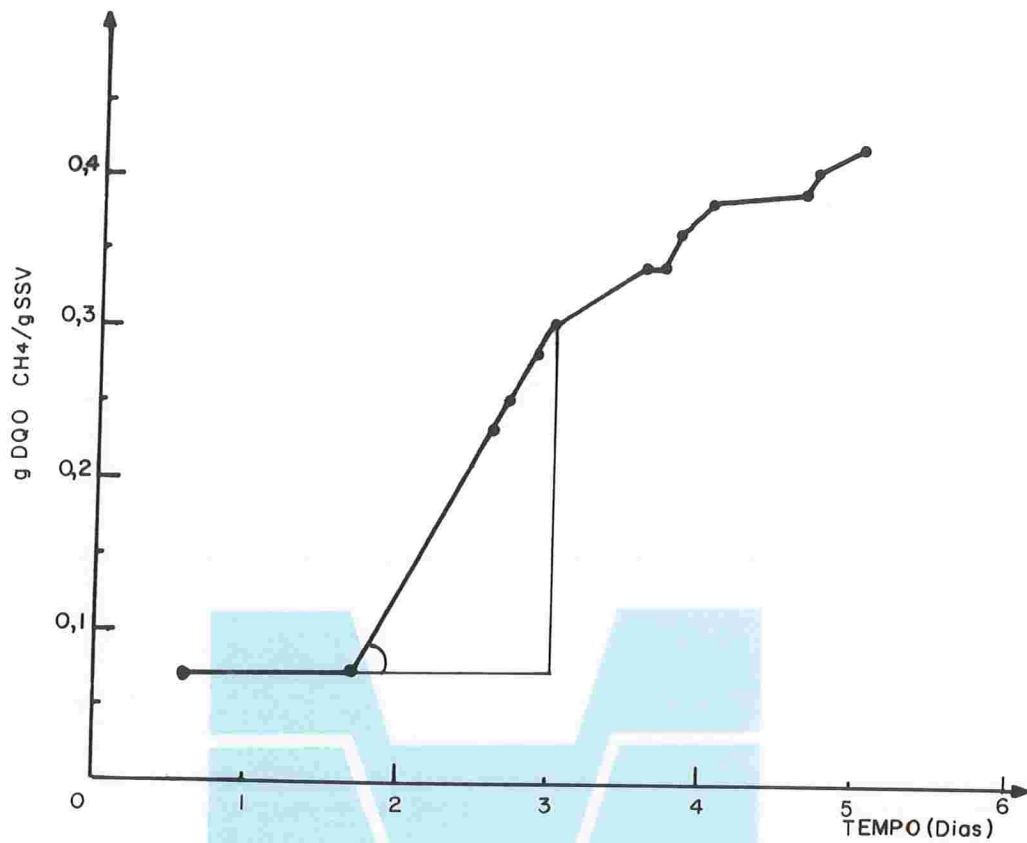


Fig. 22 - Resultado da atividade metanogênica do ensaio 22, re-  
presentado pelo valor da tangente de inclinação máxi-  
ma.

CETESB

Tabela 27 : Resultados do ensaio 23 com lodo do digestor de fluxo ascendente de 120m<sup>3</sup>(ponto 1) em reator com 0,3ℓ de volume útil.

Tempo (dias)	Temp. ambiente (°C)	Vol. CH <sub>4</sub> acumul. CNTP ( ℓ )	gCH <sub>4</sub> -DQO/gSSV	% CH <sub>4</sub>
0,6	26,0	0,018	0,068	
1,7	26,0	0,060	0,229	
2,6	27,0	0,106	0,405	
2,7	28,0	0,110	0,419	
2,9	30,5	0,120	0,458	
3,0	31,0	0,130	0,497	
3,6	28,0	0,145	0,554	
3,7	29,0	0,146	0,558	
3,8	30,0	0,152	0,578	
3,9	31,0	0,154	0,588	
4,0	30,0	0,158	0,602	
4,6	28,0	0,162	0,619	
4,7	28,5	0,164	0,624	
4,9	30,5	0,168	0,641	
5,0	31,0	0,170	0,649	
10,7	26,0	0,240	0,914	
11,0	26,5	0,244	0,931	
11,8	27,0	0,249	0,951	
12,1	29,0	0,253	0,967	
12,9	28,0	0,257	0,979	
	AVC inicial (mg/ℓ)	AVC final (mg/ℓ)	Observações	
HAC	486	3	SSV = 1,4%	
H Prop	525	-		
H But	522	-	% CH <sub>4</sub> = 78,0	
Valérico	-	-		
Etanol	-	-	Atividade máxima = 0,18g DQO - CH <sub>4</sub> /g SSV.d	
Total	1277	3		
	pH inicial	pH final		
	7,0	7,1		
	DQOt inicial(mg/ℓ)	DQOt final(mg/ℓ)		
	11.400	6.690		

5f

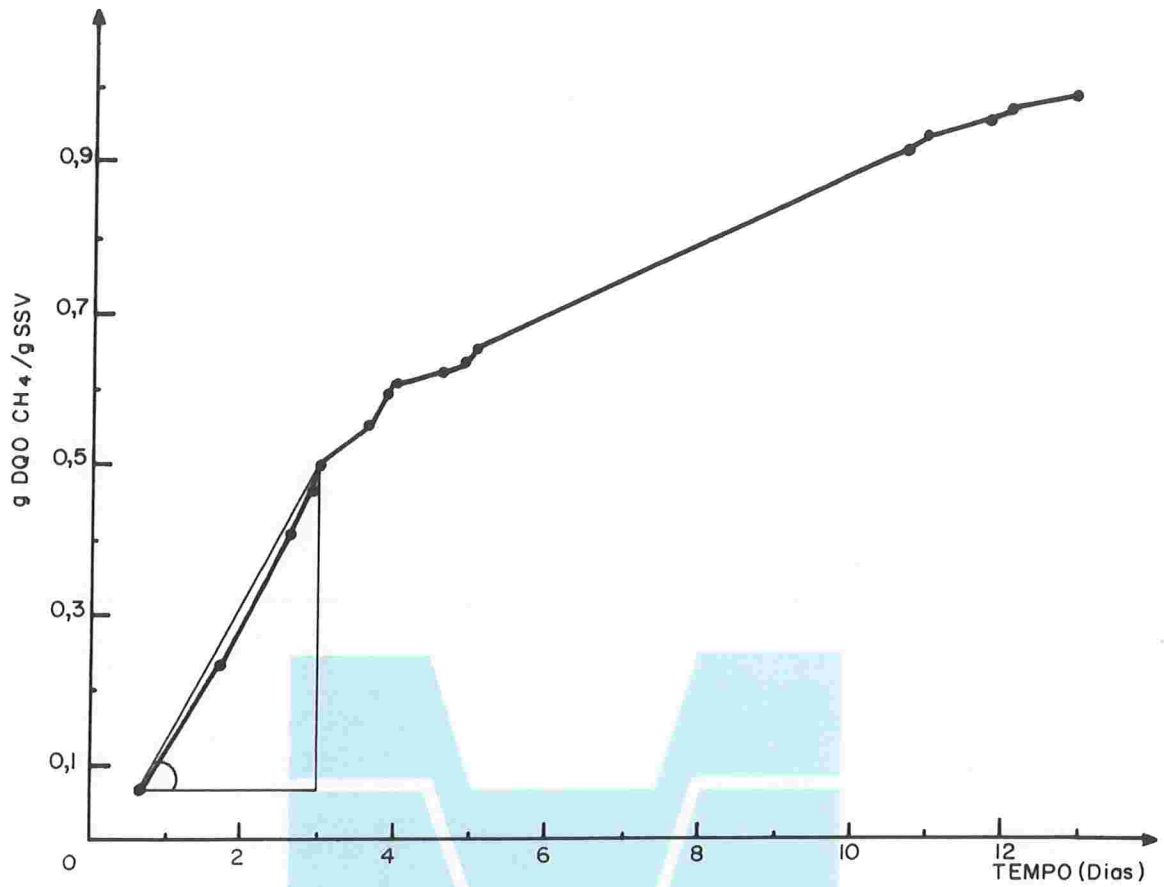


Fig. 23 - Resultado da atividade metanogênica do ensaio 23, representado pelo valor da tangente de inclinação máxima.

CETESB

Tabela 28 : Resultados do ensaio 24 com lodo de esgoto digerido da SABESP em reator com 0,3ℓ de volume útil.

Tempo (dias)	Temp. ambiente (°C)	Vol. CH <sub>4</sub> acumul. CNTP( ℓ )	gCH <sub>4</sub> -DQO/gSSV	% CH <sub>4</sub>
0,17	20	0	0	
0,83	20	0	0	
1,0	23,5	0	0	
1,9	21,5	0,005	0,019	
2,0	22	0,009	0,033	
2,1	22	0,011	0,041	
2,2	22	0,012	0,047	
2,9	22	0,039	0,121	
3,0	22	0,033	0,127	
3,1	23	0,037	0,141	
3,9	20,5	0,049	0,186	
4,2	22	0,057	0,217	
4,8	20	0,065	0,247	
5,1	22	0,065	0,248	
5,8	21,5	0,070	0,266	
6,1	22,5	0,074	0,282	
6,8	22,5	0,074	0,284	
7,9	22	0,075	0,284	
8,1	25,5	0,075	0,286	

	AVC inicial (mg/ℓ) *	AVC final (mg/ℓ) *	Observações
HAC			SSV = 1,5 %
H Prop			
H But			% CH <sub>4</sub> = 76,0
Valérico			
Etanol			Atividade máxima = 0,10g DQO - CH <sub>4</sub> / 9 SSV.d
Total			
	pH inicial	pH final	* Análises não realizadas
	*	*	
	DQOt inicial(mg/ℓ)	DQOt final(mg/ℓ)	
	*	*	

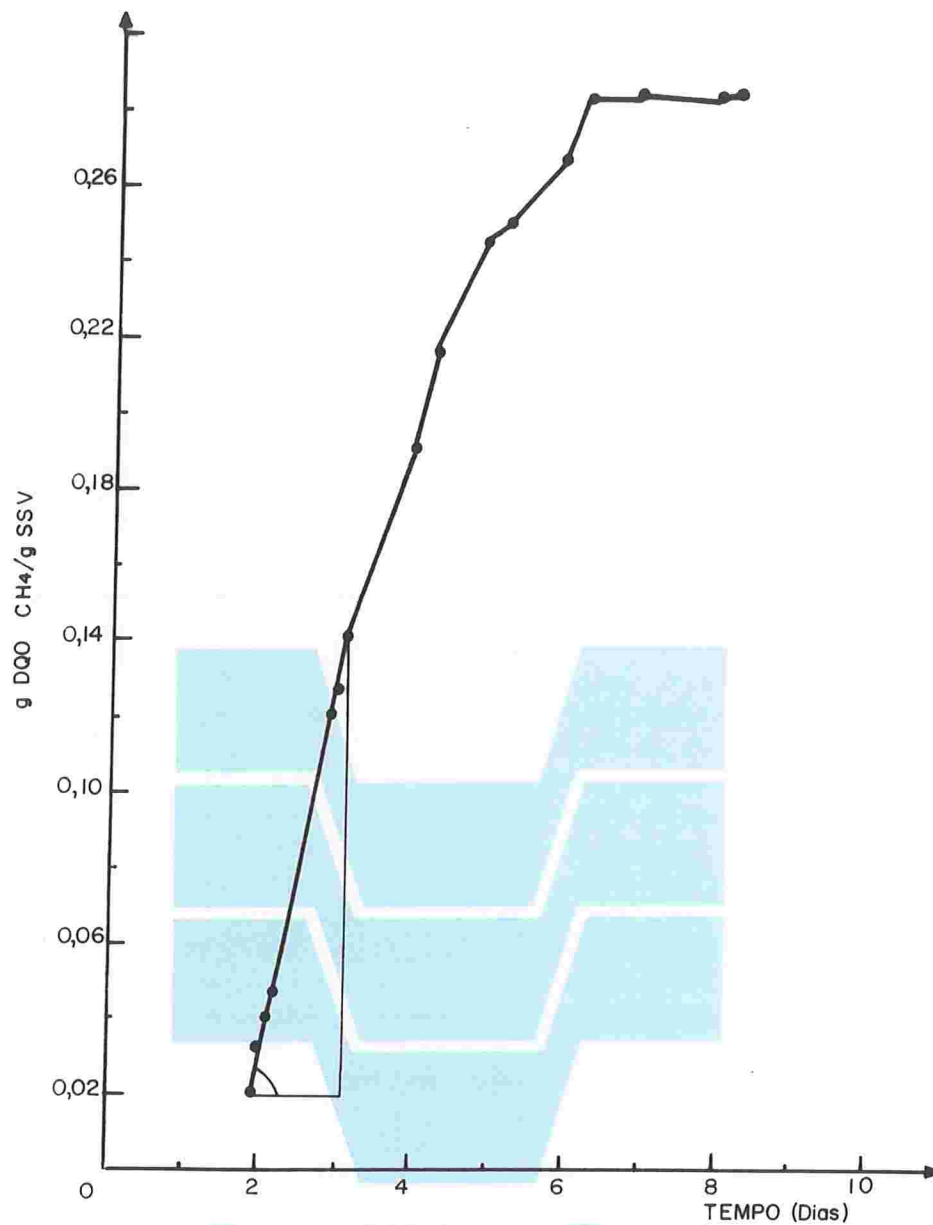


Fig. 24 - Resultado da atividade metanogênica do ensaio 24, representado pelo valor da tangente de inclinação máxima.

Tabela 29: Resultados do ensaio 25 com lodo de esgoto digerido da SABESP em reator com 0,3ℓ de volume útil.

Tempo (dias)	Temp. ambiente (°C)	Vol. CH <sub>4</sub> acumul. CNTP (ℓ)	gCH <sub>4</sub> -DQO/gSSV	% CH <sub>4</sub>
0,83	19	0,008	0,032	
0,94	20	0,011	0,041	
1,0	20	0,015	0,055	
1,9	21	0,037	0,142	
2,0	22	0,041	0,157	
2,2	22	0,045	0,173	
2,9	22	0,063	0,242	
3,0	22	0,066	0,253	
3,9	20,5	0,086	0,328	
4,8	20	0,107	0,408	
5,8	21,5	0,120	0,457	
6,8	22,5	0,132	0,502	
7,9	22	0,133	0,506	
9,1	25	0,139	0,530	
	AVC inicial (mg/ℓ) *	AVC final (mg/ℓ) *	Observações	
HAC			SSV = 1,5%	
H Prop				
H But			% CH <sub>4</sub> = 72,0	
Valérico				
Etanol			Atividade máxima = 0,10g DQO-CH <sub>4</sub> /g SSV. d	
Total				
	pH inicial	pH final	* Análises não realizadas	
	*	*		
	DQOt inicial (mg/ℓ)	DQOt final (mg/ℓ)		
	*	*		

36

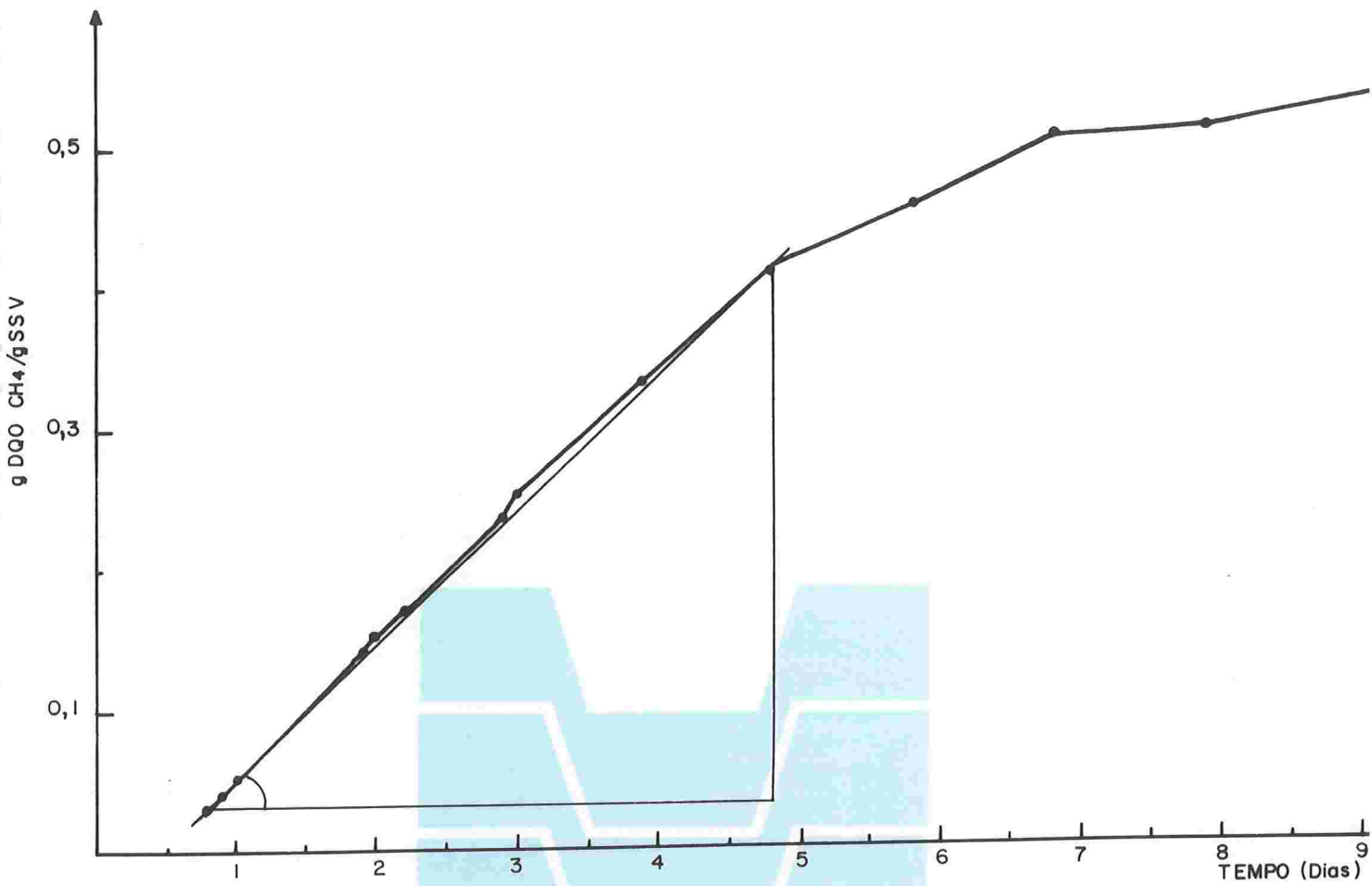


Fig. 25 - Resultado da atividade metanogênica do ensaio 25, representado pelo valor da tangente de inclinação máxima.

CETESB

Tabela 30: Resultados do ensaio 26 com fluido de rumen em reator com 0,7ℓ de volume útil.

Tempo (dias)	Temp. ambiente (°C)	Vol. CH <sub>4</sub> acumul. CNTP( ℓ )	gCH <sub>4</sub> -DQO/gSSV	% CH <sub>4</sub>
1,0	25	0,020	0,033	
2,0	25	0,022	0,036	
3,0	26	0,024	0,039	
4,8	26	0,025	0,041	
5,6	25,5	0,025	0,041	
6,0	28	0,028	0,046	
7,0	24,5	0,029	0,047	
8,2	24,5	0,029	0,047	
9,0	25	0,029	0,048	
10,0	25	0,031	0,051	
10,8	23	0,031	0,051	
11,8	23,5	0,031	0,051	
13,0	25	0,031	0,051	
14,0	26	0,033	0,055	
14,9	28,5	0,036	0,059	
15,0	28,5	0,040	0,066	
15,7	27	0,041	0,066	
16,0	29	0,049	0,080	
16,9	28	0,057	0,094	
17,0	29	0,064	0,104	
17,7	26,5	0,071	0,117	
18,8	26	0,094	0,154	
19,7	25	0,098	0,160	
20,0	26	0,110	0,179	
20,9	25	0,118	0,193	
21,8	25,5	0,132	0,216	
22,9	26	0,134	0,219	
23,9	26,5	0,139	0,227	
26,7	25,5	0,163	0,266	
27,0	27	0,176	0,287	
27,7	26	0,195	0,319	
28,9	27,5	0,219	0,358	
30	29,0	0,230	0,376	

	AVC inicial (mg/ℓ)	AVC final (mg/ℓ)	Observações
HAC	717	11	SSV = 1,2%
H Prop	576	301	
H But	548	7	% CH <sub>4</sub> = 65,0
Valérico	-	-	
Etanol	-	-	Atividade máxima = 0,015g DQO-CH <sub>4</sub> /g SSV.d
Total	1841	319	
	pH inicial	pH final	
	DQOt inicial(mg/ℓ)	DQOt final(mg/ℓ)	
	9000	6700	

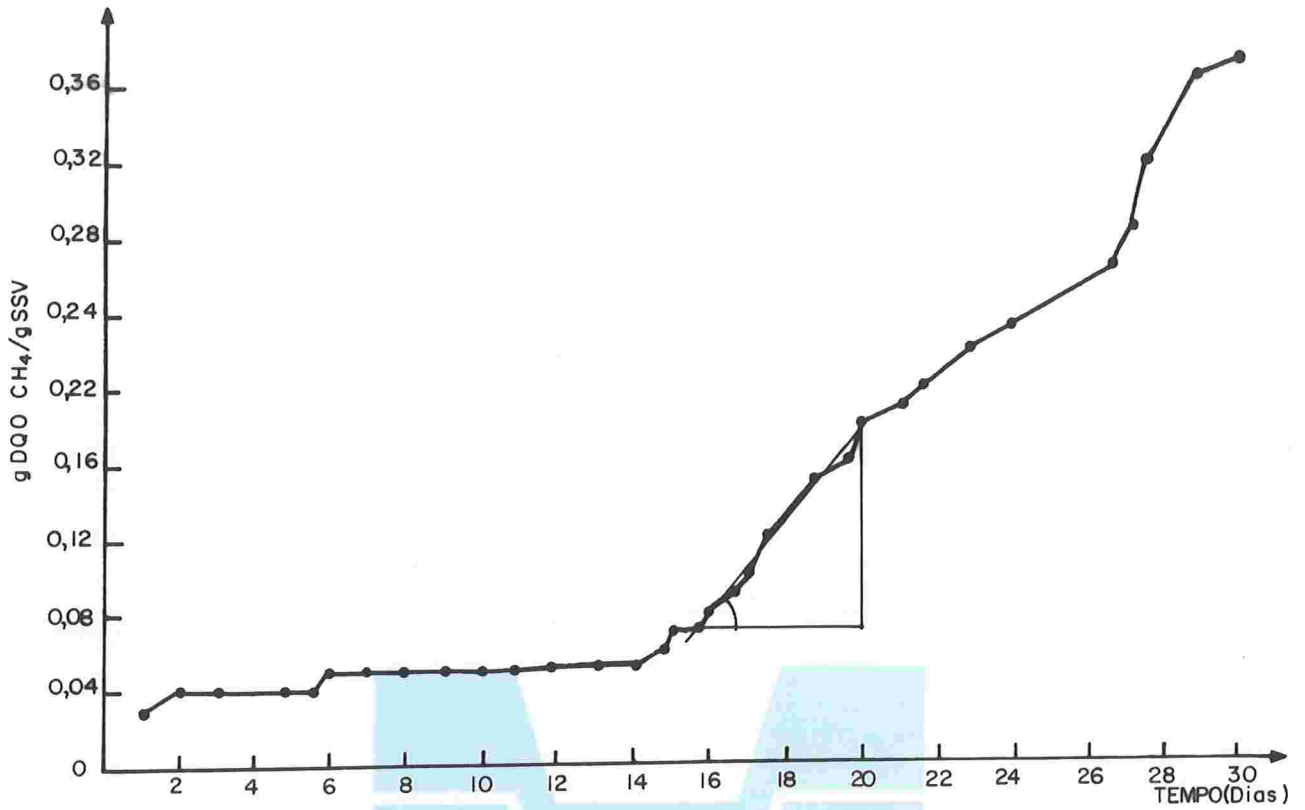


Fig. 26 - Resultado da atividade metanogênica do ensaio 26, representado pelo valor da tangente de inclinação máxima.

CETESB

Tabela 31 : Resultados do ensaio 27 com fluido de rúmen em reator com 0,7ℓ de volume útil.

Tempo (dias)	Temp. ambiente (°C)	Vol. CH <sub>4</sub> acumul. CNTP ( ℓ )	gCH <sub>4</sub> -DQO/gSSV	% CH <sub>4</sub>
1,0	26	0,015	0,025	
1,7	24	0,016	0,025	
1,9	25,5	0,016	0,027	
2,6	25	0,016	0,027	
3,0	27,5	0,018	0,029	
3,8	27,0	0,018	0,029	
4,8	26,0	0,018	0,029	
5,6	25,5	0,018	0,029	
6,6	25,0	0,020	0,032	
7,0	25,0	0,020	0,032	
7,6	24,0	0,020	0,032	
8,6	25,0	0,020	0,032	
8,8	24,0	0,027	0,044	
9,0	25,0	0,027	0,044	
9,6	25,5	0,027	0,044	
10,7	24,0	0,027	0,044	
11,7	23,5	0,027	0,044	
12,6	24,0	0,027	0,044	
13,6	25,0	0,029	0,048	
14,0	27,0	0,033	0,054	
14,7	26	0,039	0,064	
15,0	28,5	0,049	0,080	
15,7	27,0	0,060	0,098	
15,8	27,5	0,064	0,104	
16,0	29,0	0,078	0,128	
16,7	27,0	0,107	0,175	
16,9	28,0	0,117	0,191	
17,0	29,0	0,128	0,209	
17,7	26,5	0,161	0,263	
18,8	26,	0,192	0,316	
19,7	25,	0,193	0,316	
20,7	25	0,193	0,316	
23,9	25	0,193	0,316	
26,7	25,5	0,243	0,397	

	AVC inicial (mg/ℓ)	AVC final (mg/ℓ)	Observações
HAC	717	14	SSV = 1,2%
H Prop	576	200	
H But	548	0	% CH <sub>4</sub> = 63,0
Valérico	-	-	
Etanol	-	-	
Total	1841	243	Atividade máxima = 0,08g DQO-CH <sub>4</sub> /q.SSV.d
	pH inicial	pH final	
	DQOt inicial(mg/ℓ)	DQOt final(mg/ℓ)	
	9000	6000	

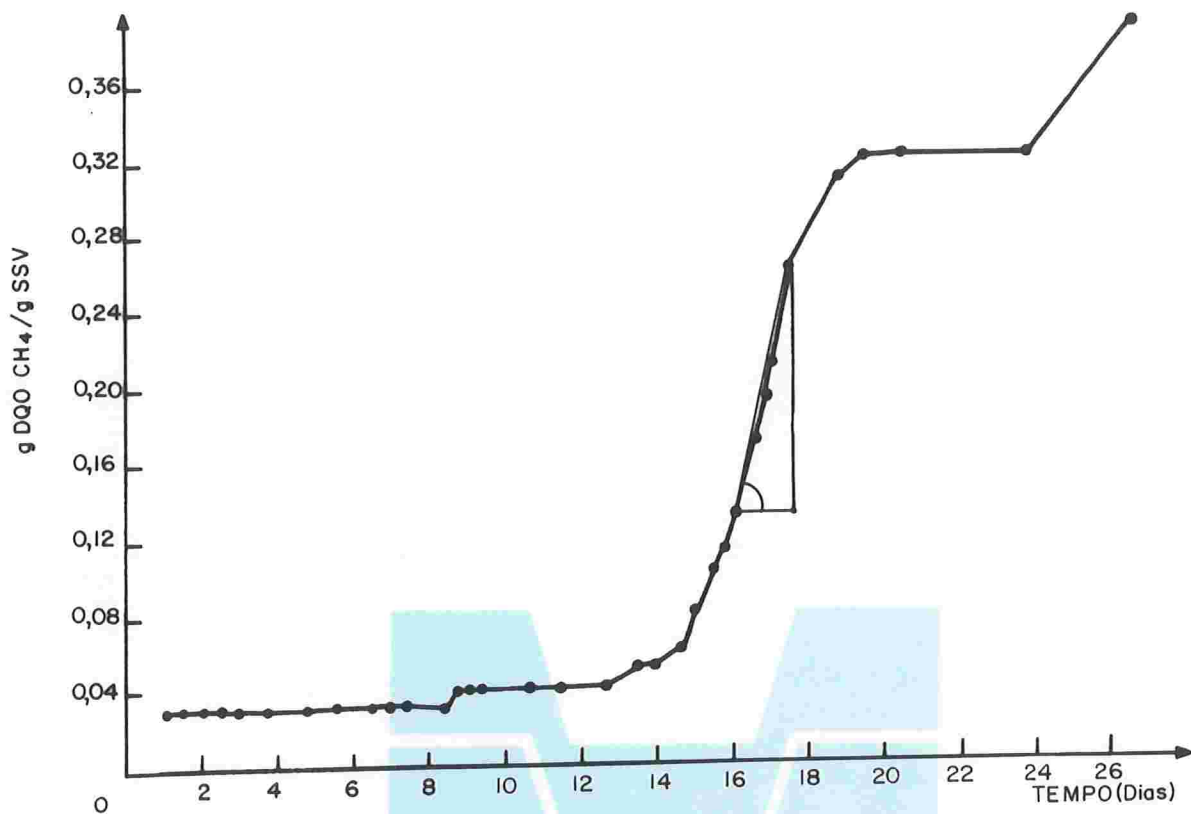


Fig. 27 - Resultado da atividade metanogênica do ensaio 27, representado pelo valor da tangente de inclinação máxima.

CETESB

Tabela 32: Resultados do ensaio 28 com fluido de rumen em reator com 0,7ℓ de volume útil.

Tempo (dias)	Temp. ambiente (°C)	Vol. CH <sub>4</sub> acumul. CNTP (ℓ)	gCH <sub>4</sub> -DQO/gSSV	% CH <sub>4</sub>
0,9	25	0,0098	0,0160	
1,7	24	0,0098	0,0160	
2,6	25	0,0106	0,0173	
5,6	25,5	0,0122	0,0200	
7,6	24,0	0,0155	0,0254	
8,8	24,0	0,0164	0,0267	
12,8	25,0	0,171	0,0280	
14,0	27,0	0,0178	0,0291	
14,7	27,0	0,0194	0,0318	
14,9	28,5	0,0218	0,0356	
15,0	28,5	0,0234	0,0382	
15,9	28,5	0,314	0,0514	
16,0	29,0	0,0330	0,0539	
16,9	28,0	0,0428	0,0699	
17,0	29,0	0,0491	0,0802	
17,7	26,5	0,0560	0,0915	
18,8	26	0,0593	0,0970	
20,0	26	0,0610	0,0996	
20,7	25	0,0612	0,0999	
22,7	25	0,0620	0,1013	
23,7	25	0,0628	0,1026	
23,8	25,5	0,0643	0,1051	
26,7	25,5	0,0643	0,1051	
	AVC inicial (mg/ℓ)	AVC final (mg/ℓ)	Observações	
HAC	717	24	SSV = 1,2%	
H Prop	576	73		
H But	548	0	% CH <sub>4</sub> = 68,0	
Valérico	-	-		
Etanol	-	-	Atividade máxima = 0,02g DQO-CH <sub>4</sub> /g SSV.d	
Total	1841	114		
	pH inicial	pH final		
	7,0	7,25		
	DQOt inicial (mg/ℓ)	DQOt final (mg/ℓ)		
	9000	4100		

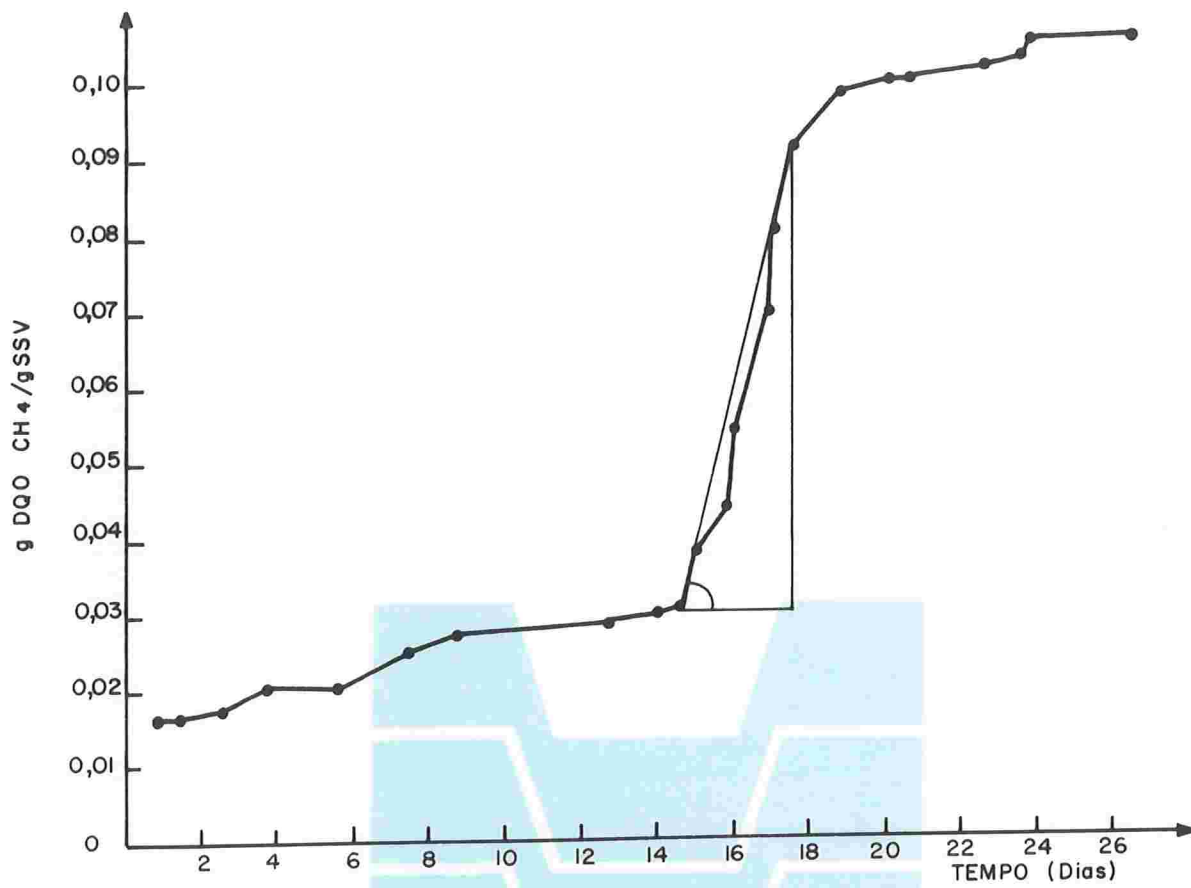


Fig. 28 - Resultado da atividade metanogênica do ensaio 28, representado pelo valor da tangente de inclinação máxima.

CETESB

Tabela 33 : Resultados do ensaio 29 com lodo do digestor de fluxo ascendente de 120m<sup>3</sup> (ponto 1) em reator com 0,7ℓ de volume útil.

Tempo (dias)	Temp. ambiente (°C)	Vol. CH <sub>4</sub> acumul. CNTP ( ℓ )	gCH <sub>4</sub> -DQO/gSSV	% CH <sub>4</sub>
0,2	25	0,011	0,017	
0,9	25	0,139	0,227	
1,9	25	0,236	0,386	
2,2	24	0,260	0,425	70,3
2,9	23,5	0,327	0,534	
3,2	24,0	0,335	0,548	
3,9	25,0	0,390	0,637	
4,0	25,0	0,396	0,648	
4,9	25,0	0,419	0,685	80,8
5,2	24,0	0,422	0,690	
5,9	25,0	0,439	0,717	81,0
7,0				82,0

	AVC inicial (mg/ℓ)	AVC final (mg/ℓ)	Observações
HAC	347	0	SSV = 1,4%
H Prop	274	0	
H But	465	0	% CH <sub>4</sub> = 79,0
Valérico	-	-	
Etanol	-	-	Atividade máxima = 0.15g DQO-CH <sub>4</sub> /g.SSV.d
Total	1086		
	pH inicial	pH final	
	7,0	7,0	
	DQOt inicial(mg/ℓ)	DQOt final(mg/ℓ)	
	7.402	3752	

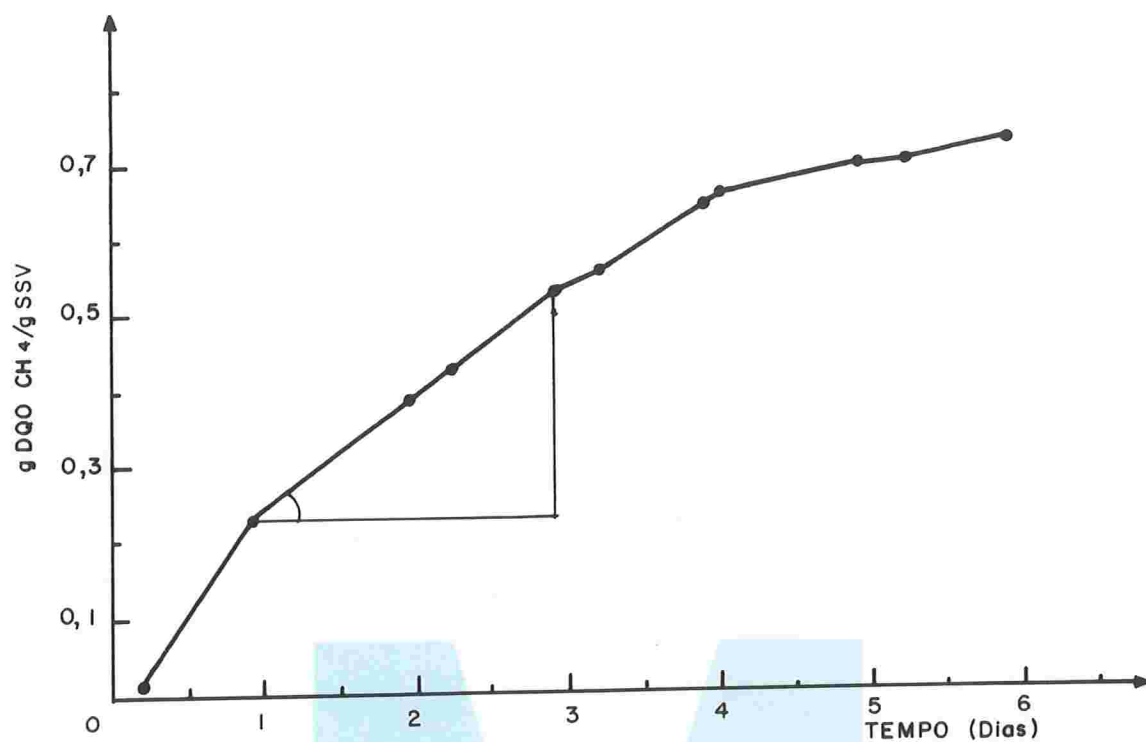


Fig. 29 - Resultado da atividade metanogênica do ensaio 29, representado pelo valor da tangente de inclinação máxima.

CETESB

Tabela 34 : Resultados do ensaio 30 com lodo do digestor de fluxo ascendente (ponto 1) em reator com 0,7ℓ de volume útil.

Tempo (dias)	Temp. ambiente (°C)	Vol. CH <sub>4</sub> acumul. CNTP( ℓ )	gCH <sub>4</sub> -DQO/gSSV	% CH <sub>4</sub>
0,2	25	0,008	0,013	
0,9	25	0,064	0,105	
2,2	25	0,064	0,105	71,8
3,9	24	0,073	0,119	84,2
5,9	24	0,074	0,120	
7,0				81,4

	AVC inicial (mg/ℓ)	AVC final (mg/ℓ)	Observações
HAC	347	0	% CH <sub>4</sub> = 79,0
H Prop	274	0	
H But	465	0	Atividade máxima = 0,13g DQO-CH <sub>4</sub> /g SSV.d
Valérico			
Etanol			
Total	1086	0	
	pH inicial	pH final	
	7,0	7,0	
	DQOt inicial(mg/ℓ)	DQOt final(mg/ℓ)	
	7402	4836	

Tabela 35: Resultados do ensaio 31 com lodo de esgoto da SABESP em reator com 2,85ℓ de volume útil.

Tempo (dias)	Temp. ambiente (°C)	Vol. CH <sub>4</sub> acumul. CNTP (ℓ)	gCH <sub>4</sub> -DQO/gSSV	% CH <sub>4</sub>
0,2	23	0,039	0,015	83%
0,92	23	0,136	0,055	
1,0	23	0,164	0,066	
1,2	23	0,222	0,089	
1,9	23	0,374	0,150	
2,0	23	0,425	0,171	
2,2	23	0,482	0,193	
2,9	23	0,620	0,249	
3,2	23	0,689	0,276	
3,9	23	0,784	0,314	
4,2	23	0,846	0,340	86,8%
4,9	23	0,935	0,375	
5,1	23	0,989	0,397	
5,8	23	1,080	0,433	
6,2	23	1,130	0,453	
6,9	23	1,206	0,484	
7,9	23	1,273	0,511	
8,9	23	1,314	0,527	
9,9	23	1,349	0,541	
10,9	23	1,349	0,541	
11,9	23	1,349	0,541	
12,9	23	1,349	0,541	
13,9	23	1,349	0,541	
14,9	23	1,349	0,541	
18,9	23	1,349	0,541	
	AVC inicial (mg/ℓ)	AVC final (mg/ℓ)	Observações	
HAC	590	0	SSV = 1,7%	
H Prop	341	0		
H But	317	0	% CH <sub>4</sub> = 85,0	
Valérico	-	-		
Etanol	-	-	* Amostra preservada durante 17 dias.	
Total	1249		Atividade máxima = 0,09g DQO-CH <sub>4</sub> /g SSV.d	
	pH inicial	pH final		
	7,0	7,1		
	DQOt inicial (mg/ℓ)	DQOt final (mg/ℓ)		
	3170	2610 (*)		

Tabela 36 : Resultados do ensaio 32 com lodo de esgoto digerido da SABESP em reator com 2,85ℓ de volume útil.

Tempo (dias)	Temp. ambiente (°C)	Vol. CH <sub>4</sub> acumul. CNTP (ℓ)	gCH <sub>4</sub> -DQO/gSSV	% CH <sub>4</sub>
0,9	23	0,061	0,024	78,1
0,92	23	0,176	0,070	
1,0	23	0,200	0,080	
1,1	23	0,223	0,090	
1,2	23	0,254	0,102	
1,9	23	0,409	0,164	
2,0	23	0,452	0,181	
2,1	23	0,491	0,197	
2,9	23	0,650	0,261	
3,2	23	0,726	0,291	
3,9	23	0,826	0,331	
4,2	23	0,893	0,358	
4,9	23	0,987	0,396	
5,1	23	1,051	0,422	
5,8	23	1,151	0,462	
6,2	23	1,151	0,462	
6,9	23	1,277	0,512	79,3
7,9	23	1,345	0,539	
8,9	23	1,386	0,556	
9,9	23	1,437	0,576	
10,9	23	1,437	0,576	
11,9	23	1,437	0,576	
12,9	23	1,437	0,576	
13,9	23	1,437	0,576	
14,9	23	1,437	0,576	
18,9	23	1,437	0,576	
	AVC inicial (mg/ℓ)	AVC final (mg/ℓ)	Observações	
HAC			% CH <sub>4</sub> = 79,0	
H Prop				
H But			Atividade máxima = 0,10g DQO-CH <sub>4</sub> /g SSV.d	
Valérico				
Etanol				
Total				
	pH inicial	pH final		
	DQOt inicial (mg/ℓ)	DQOt final (mg/ℓ)		
	3170	4320		

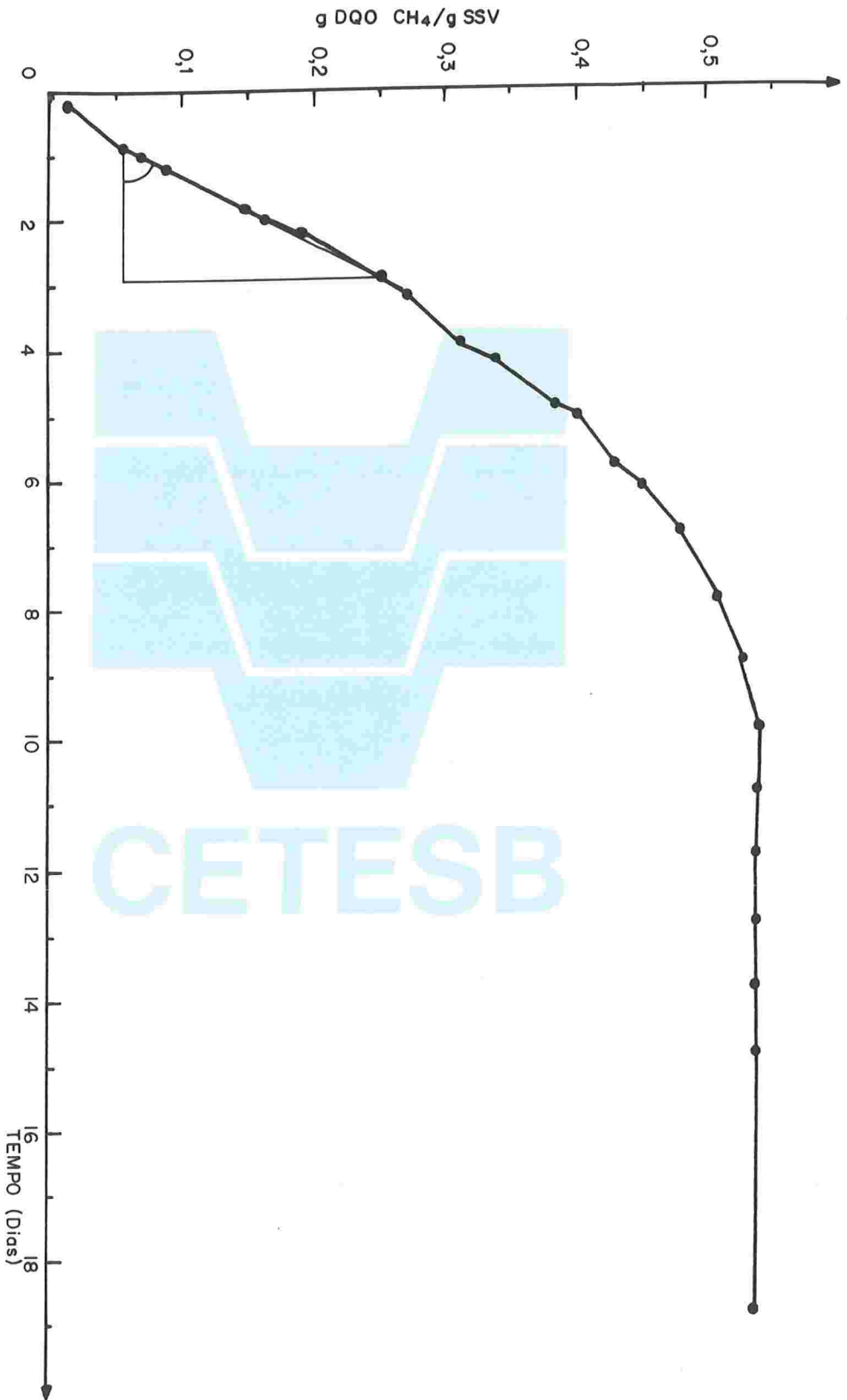


Fig. 31 - Resultado da atividade metanogênica do ensaio 32, representado pelo valor da tangente de inclinação máxima.

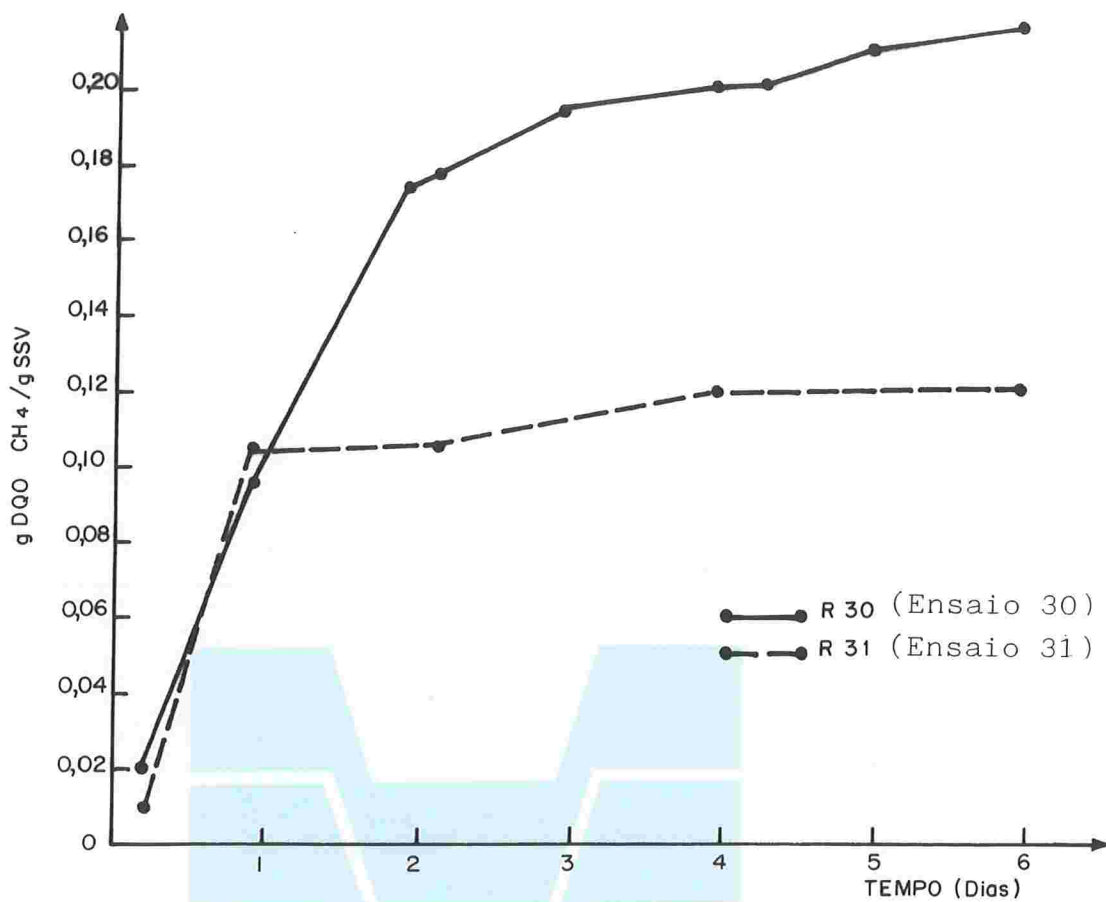


Fig. 30 - Resultados das atividades metanogênicas dos ensaios 30 e 31, representados pelos valores da tangente de inclinação máxima.

CETESB

Tabela 37: Resultados do ensaio 33 com lodo de esgoto digerido da SABESP com reator 2,85ℓ de volume útil.

Tempo (dias)	Temp. ambiente (°C)	Vol. CH <sub>4</sub> acumul. CNTP (ℓ)	gCH <sub>4</sub> -DQO/gSSV	% CH <sub>4</sub>
0,92	23	0,263	0,105	66,3
1,0	23	0,300	0,121	
1,2	23	0,372	0,150	
1,9	23	0,578	0,232	
2,0	23	0,632	0,254	
2,2	23	0,704	0,283	
2,9	23	0,873	0,350	
3,2	23	0,942	0,378	
3,9	23	1,036	0,416	
4,2	23	1,090	0,437	
4,9	23	1,159	0,465	68,6
5,8	23	1,269	0,509	
6,2	23	1,310	0,526	
6,9	23	1,404	0,563	
7,9	23	1,534	0,615	
8,9	23	1,690	0,678	
9,9	23	1,882	0,755	
10,9	23	2,092	0,839	
11,9	23	2,279	0,914	
12,9	23	2,498	1,002	
13,9	23	2,781	1,116	
14,9	23	2,924	1,173	
18,9	23	3,146	1,262	
	AVC inicial (mg/ℓ)	AVC final (mg/ℓ)	Observações	
HAC	889	0	SSV = 1,7%	
H Prop	372	0		
H But	153	0	% CH <sub>4</sub> = 67,0	
Valérico	35	-		
Etanol		-	Atividade máxima = 0,10g DQO-CH <sub>4</sub> /g.SSV.d	
Total	1466	0		
	pH inicial	pH final		
	7,0	6,7		
	DQOt inicial (mg/ℓ)	DQOt final (mg/ℓ)		
	5326	5060		

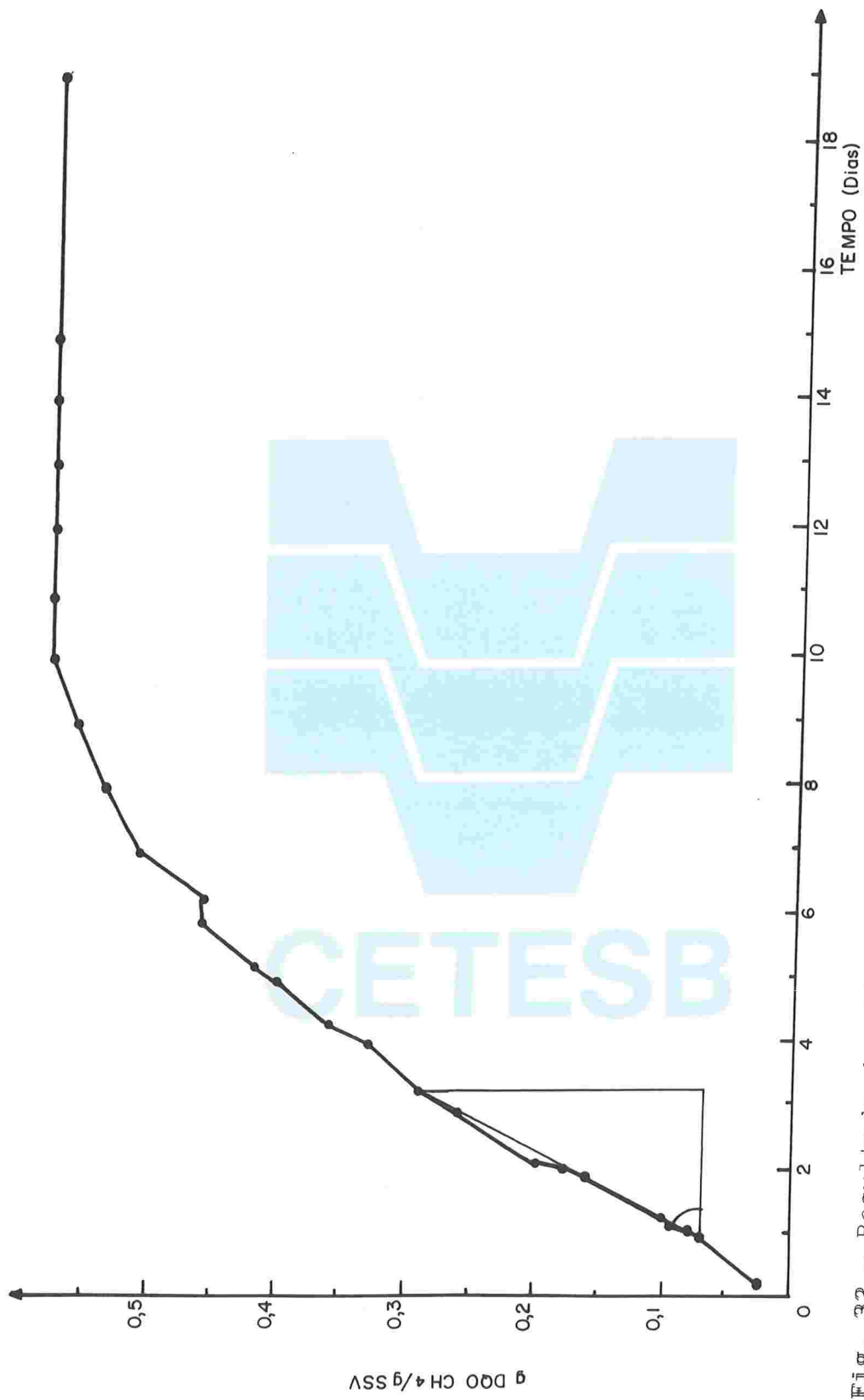
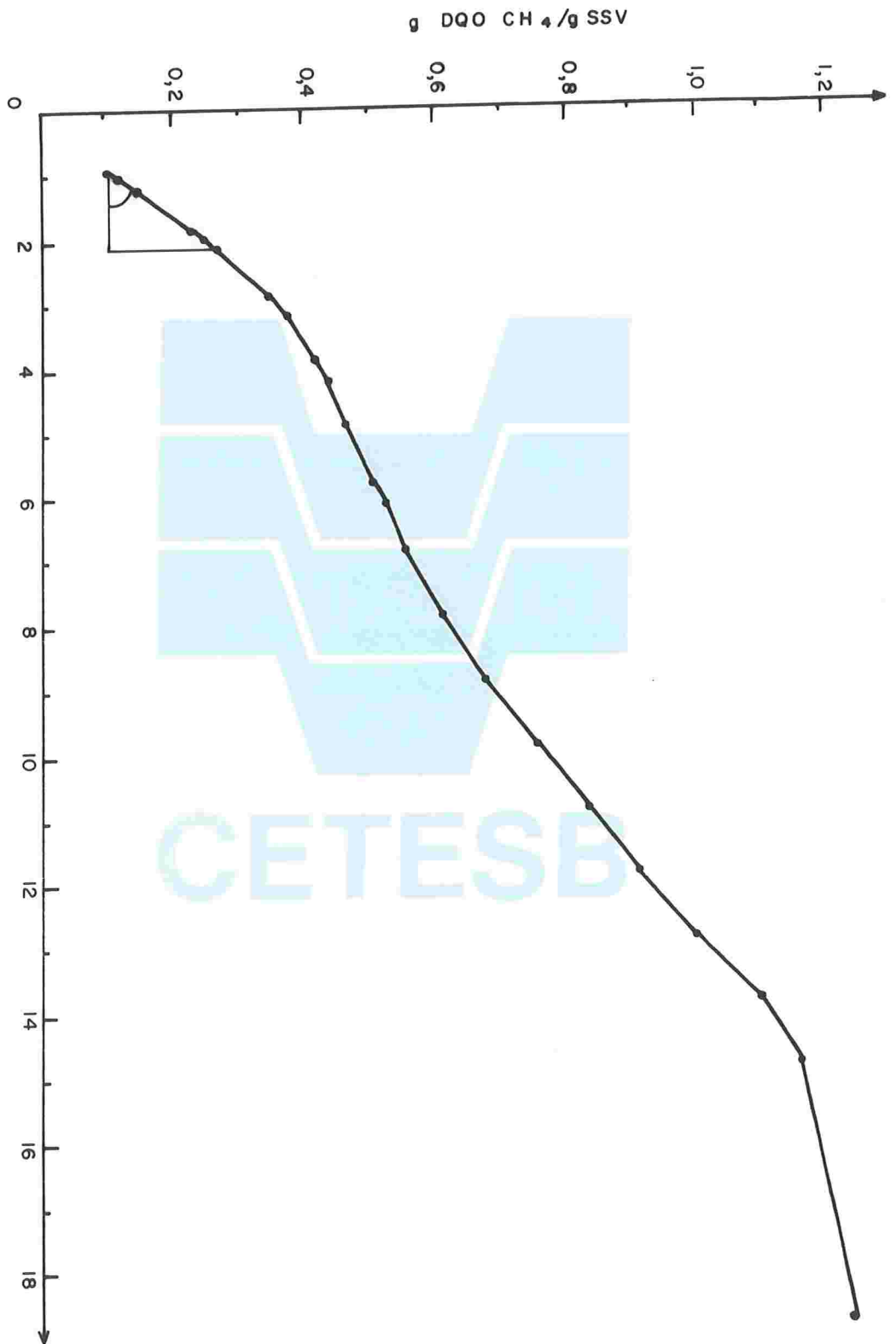


Fig. 32 - Resultado da atividade metanogênica do ensaio 33, representado pelo valor da tangente de inclinação máxima.

Tabela 38 : Resultados do ensaio 34 com lodo digerido da SABESP em reator com 28,5 ℓ de volume útil.

Tempo (dias)	Temp. ambiente (°C)	Vol. CH <sub>4</sub> acumul. CNTP ( ℓ )	gCH <sub>4</sub> -DQO/gSSV	% CH <sub>4</sub>
0,2	23	0,066	0,026	-
0,92	23	0,296	0,119	-
1,1	23	0,355	0,142	-
1,2	23	0,404	0,162	-
1,9	23	0,593	0,238	34,3
2,0	23	0,652	0,261	-
2,1	23	0,719	0,288	-
2,2	23	0,752	0,302	-
2,9	23	0,928	0,372	-
3,2	23	1,033	0,414	-
3,9	23	1,144	0,459	-
4,2	23	1,217	0,488	-
4,9	23	1,295	0,520	-
5,1	23	1,295	0,520	-
5,8	23	1,404	0,563	-
6,2	23	1,404	0,563	-
6,9	23	1,535	0,616	61,2
7,9	23	1,667	0,668	-
8,9	23	1,898	0,761	-
9,9	23	2,105	0,844	-
10,9	23	2,323	0,932	-
11,9	23	2,539	1,019	-
12,9	23	2,835	1,137	-
13,9	23	3,024	1,213	-
14,9	23	3,262	1,308	-
18,9	23	3,606	1,447	-
	AVC inicial (mg/ℓ)	AVC final (mg/ℓ)	Observações	
HAC			SSV no reator=7,1g	
HProp				
HBut			SV do lodo = 17,0g	
Valérico				
Etanol			Atividade máxima = 0,14g DQO-CH <sub>4</sub> /g SSV.d	
Total				
	pH inicial	pH final		
	7,0	6,7		
	DQOt inicial (mg/ℓ)	DQOt final (mg/ℓ)		
	5326	3414		



**Fig. 33** - Resultado da atividade metanogênica do ensaio 34, representado pelo valor da tangente de inclinação máxima.

Tabela 39 : Resultados do ensaio 35 com lodo digerido da SABESP em reator com 2,85 ℓ de volume útil.

Tempo (dias)	Temp. ambiente (°C)	Vol. CH <sub>4</sub> acumul. CNTP( ℓ )	gCH <sub>4</sub> -DQO/gSSV	% CH <sub>4</sub>
1,0	28	0	0	-
1,9	24	0	0	75,9
2,0	27	0	0	-
3,2	26	0,0005	0,002	-
3,9	24	0,016	0,007	-
4,2	26	0,031	0,012	-
4,9	24	0,046	0,018	-
5,2	24	0,062	0,025	-
5,8	24	0,070	0,028	-
6,2	26	0,081	0,033	-
6,9	26	0,089	0,036	79,8
7,9	29	0,095	0,038	-
8,9	27	0,095	0,038	-
9,8	25	0,095	0,038	-
10,9	23	0,095	0,038	-
11,9	26	0,095	0,038	-
12,9	26	0,095	0,038	-
13,8	24	0,095	0,038	-
14,9	25	0,095	0,038	-
18,9	26	0,095	0,038	-

	AVC inicial (mg/ℓ)	AVC final (mg/ℓ)	Observações
HAC			SSV no reator=7,1g
H Prop			
H But			
Valérico			Atividade máxima = 0,13g DQO-CH <sub>4</sub> /g SSV.d
Etanol			
Total			
	pH inicial	pH final	
	7,0	7,2	
	DQOt inicial(mg/ℓ)	DQOt final(mg/ℓ)	
	3170	5280	

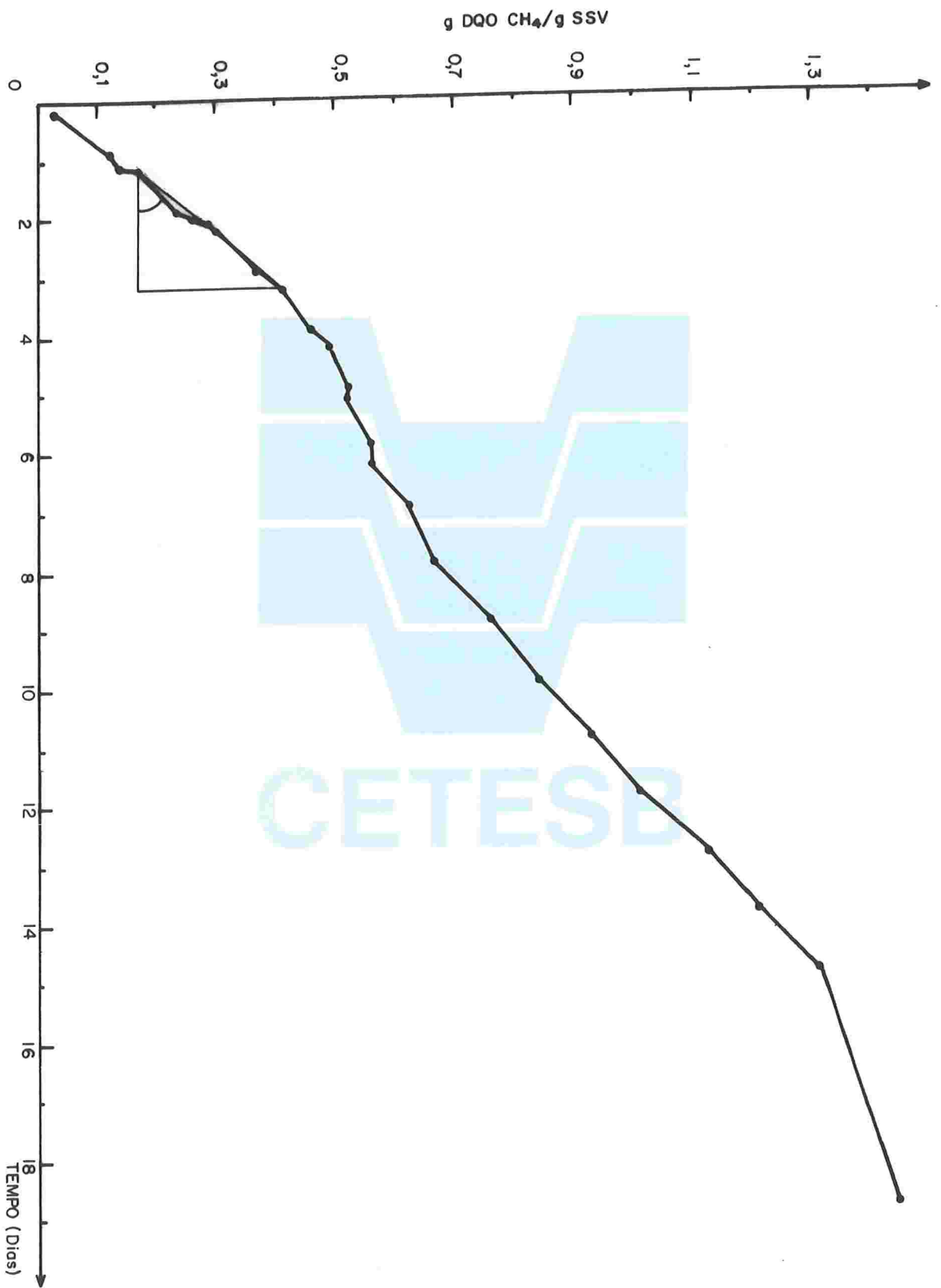


Fig. 34 - Resultado da atividade metanogênica do ensaio 35, representado pelo valor da tangente de inclinação máxima.

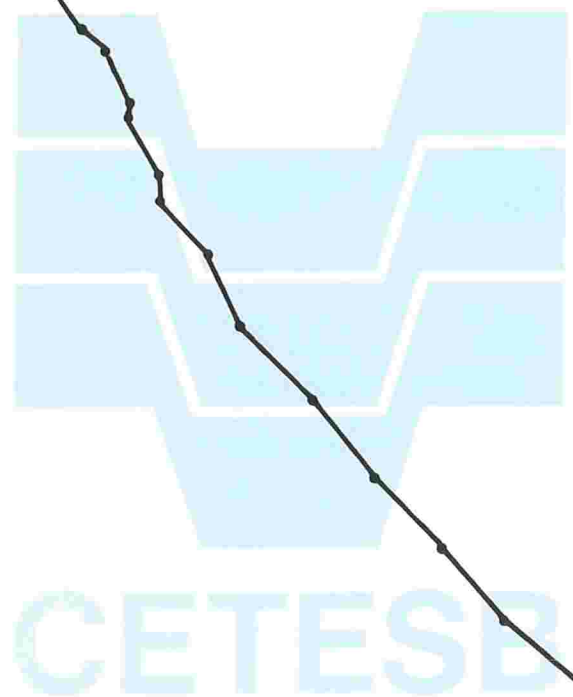


Tabela 40 : Resultados do ensaio 36 com lodo digerido da SABESP em reator com 2,85 de volume útil.

Tempo (dias)	Temp. ambiente (°C)	Vol. CH <sub>4</sub> acumul. CNTP ( ℓ )	gCH <sub>4</sub> -DQO/gSSV	% CH <sub>4</sub>
0,9	27	0,031	0,012	-
1,2	26	0,034	0,014	-
1,9	27	0,062	0,025	77,4
2,0	27	0,073	0,029	-
2,2	28	0,095	0,036	-
2,9	24	0,116	0,047	-
3,2	26	0,130	0,052	-
3,9	24	0,149	0,060	-
4,2	26	0,158	0,063	-
4,9	24	0,172	0,069	-
5,2	24	0,191	0,077	-
5,8	24	0,198	0,079	-
6,2	26	0,215	0,086	-
6,9	26	0,226	0,091	86,1
7,9	29	0,237	0,095	-
8,9	27	0,249	0,100	-
9,8	25	0,272	0,109	-
10,9	26	0,281	0,111	-
11,9	26	0,278	0,111	-
12,9	26	0,291	0,117	-
13,8	25	0,301	0,120	-
14,9	25	0,300	0,120	-
18,9	26	0,299	0,120	-
	AVC inicial (mg/ℓ)	AVC final (mg/ℓ)	Observações	
HAC			SV do lodo=17,0g/	
H Prop				
H But				
Valérico			Atividade máxima = 0,014g DQO-CH <sub>4</sub> /g SSV.d	
Etanol				
Total				
	pH inicial	pH final		
	7,0	7,2		
	DQOt inicial(mg/ℓ)	DQOt final(mg/ℓ)		
	3,70	2520		

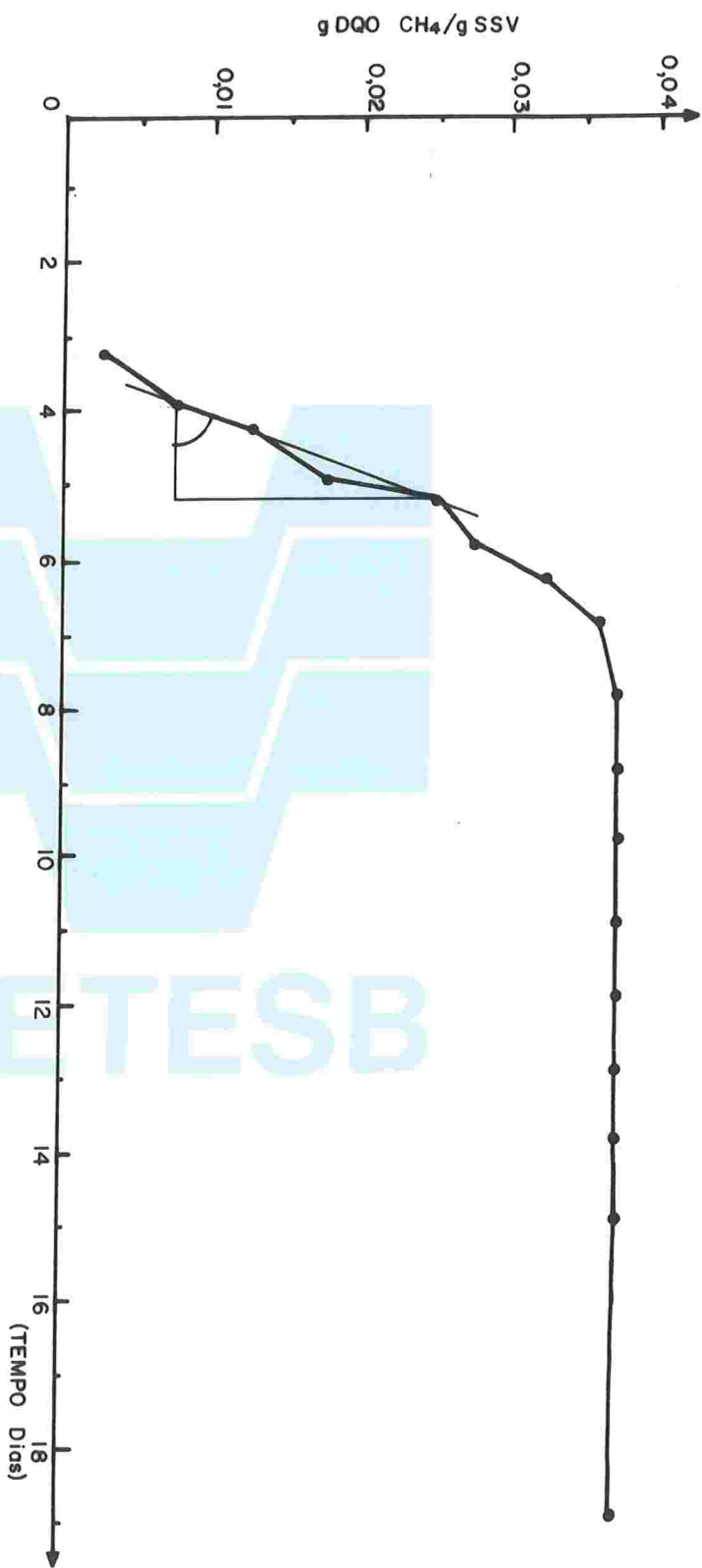


Fig. 35 - Resultado da atividade metanogênica do ensaio 36, representado pelo valor da  $\tan$  gente de inclinação máxima.

Tabela 41 : Resultados do ensaio 37 com lodo digerido da SABESP realizado em reator com 0,86ℓ de volume útil.

Tempo (dias)	Temp. ambiente (°C)	Vol. CH <sub>4</sub> acumul. CNTP ( ℓ )	gCH <sub>4</sub> -DQO/gSSV	% CH <sub>4</sub>
0,92	23	0,041	0,055	-
1,8	23	0,041	0,055	83,3
2,0	23	0,043	0,057	-
2,8	23	0,056	0,074	-
3,8	23	0,056	0,074	-
4,8	23	0,056	0,074	-
5,1	23	0,059	0,079	-
5,8	23	0,077	0,103	-
6,1	23	0,090	0,120	-
6,8	23	0,103	0,138	36,5
7,8	23	0,103	0,138	-
8,9	23	0,103	0,138	-
9,8	23	0,105	0,140	-
10,8	23	0,105	0,140	-
11,8	23	0,105	0,140	-
12,9	23	0,105	0,140	-
13,8	23	0,105	0,140	-
14,9	23	0,105	0,140	-
18,8	23	0,105	0,140	-

	AVC inicial (mg/ℓ)	AVC final (mg/ℓ)	Observações
HAC	889	2648	SSV=2,15g no reator
H Prop	372	1189	
H But	153	325	
Valérico	35	-	Atividade máxima = 0,014g DQO-CH <sub>4</sub> /g SSV.d
Etanol	16	-	
Total	1466	4547	
	pH inicial	pH final	
	7,0	5,2	
	DQOt inicial (mg/ℓ)	DQOt final (mg/ℓ)	
	5.326	26.425	

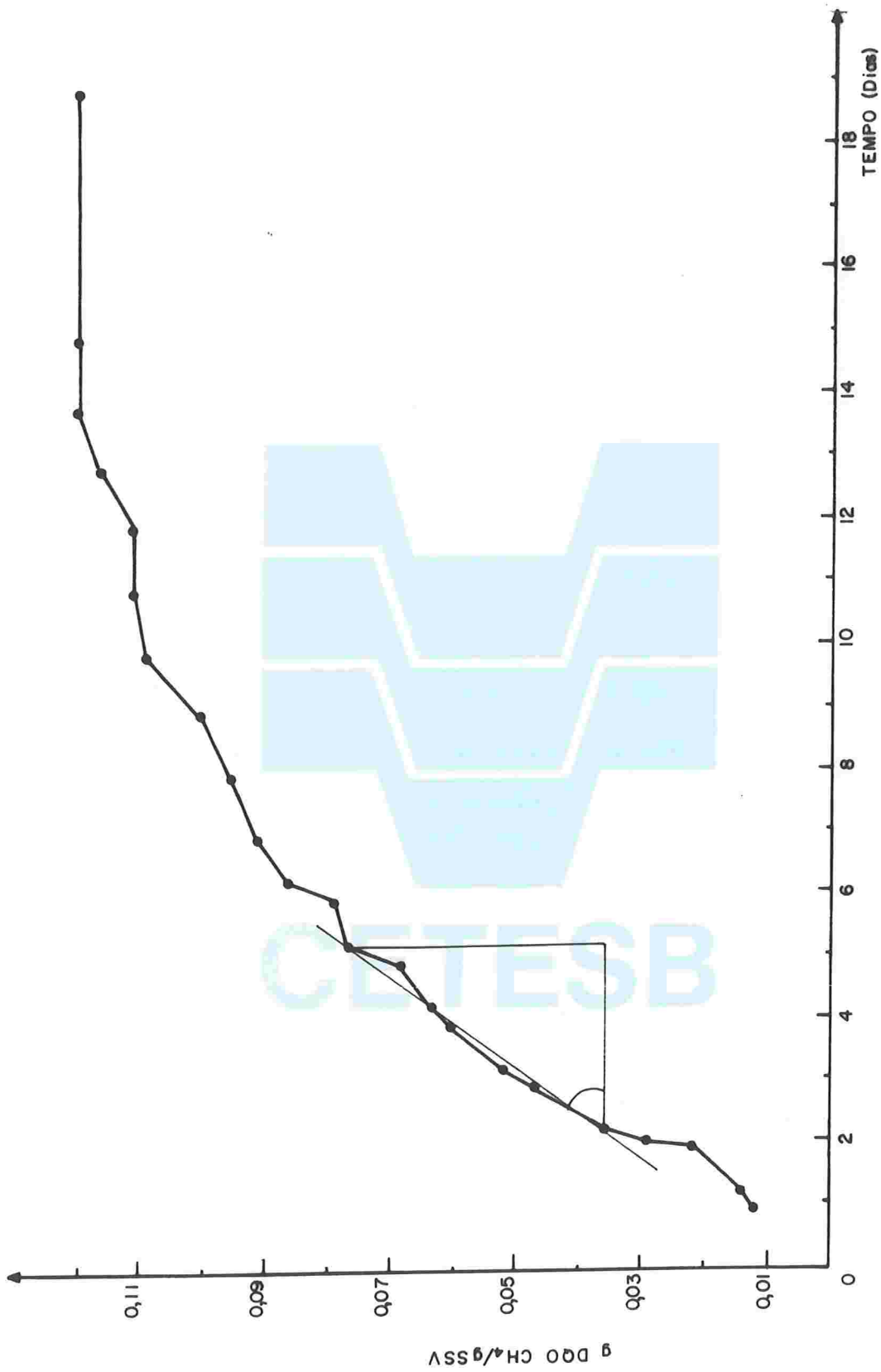


Fig. 36 - Resultado da atividade metanogênica do ensaio 37, representado pelo valor da tangente de inclinação máxima.

## 5. DISCUSSÃO

O teste para medidas de atividade metanogênica específica máxima, baseado no método descrito por de ZEEUW (1984), pode ser implantado para a realização dos ensaios de n<sup>o</sup>s 1 a 37.

No entanto, não se pode considerar que os valores apresentados pelo autor, para lodos provenientes de biodigestores convencionais (lodo de esgoto em digestão) e não convencionais, do tipo fluxo ascendente com manto de lodo, foram reproduzidos nas amostras estudadas. Como exemplo, de ZEEUW (1984) encontrou para lodos granulados (biodigestores de fluxo ascendente e manto de lodo), uma faixa de 0,5 a 2,0g CH<sub>4</sub>-DQO/gSSV.d. Porém, os resultados dos ensaios de n<sup>o</sup>s: 1, 8, 11, 12, onde o lodo se apresentava caracteristicamente granulado, os valores de atividade metanogênica máxima encontrados foram, respectivamente, 0,16, 0,21, 0,09 e 0,08g CH<sub>4</sub>-DQO/gSSV.d. Esses valores indicaram uma distância muito grande dos valores citados por de ZEEUW (1984) para lodos semelhantes, sugerindo possíveis problemas na reprodução da metodologia, ou, principalmente, no comportamento dos lodos estudados, frente às condições de substratos determinadas pelo método. Isto significa, que a relação 2,5gSSV/l para cerca de 1.200mg/l de substrato ácido neutralizado, pode não ser válida para qualquer amostra.

Contudo, os valores obtidos para os ensaios com lodo de esgoto em digestão, bem como com o lodo floculento do reator DAFA, revelaram resultados próximos à faixa citada por de ZEEUW (1984), para lodos de esgoto em digestão, 0,1 a 0,2g Ch<sub>4</sub>-DQO/g SSV.d.

Na verdade, além da metodologia como será detalhadamente discutida adiante, o próprio cálculo da atividade metanogênica específica máxima pode conduzir a valores inadequados, em função de seu caráter subjetivo, quando do traçado da tangente à curva. Como orientado por de ZEEUW (1984), a atividade deve ser calculada pelo valor da inclinação máxima à curva de produção de metano acumulada. Assim, para se diminuir a subjetividade do traçado dessa reta de inclinação má

xima, recomenda-se para ensaios futuros, que o conjunto de pontos que leva a essa reta, seja encontrado por regressão linear. O melhor conjunto de pontos que conduz à reta de maior inclinação, corresponderá ao maior valor coeficiente de correlação obtido pela regressão linear.

Os valores de ensaios realizados não foram revistos por essa recomendação.

Um dos principais problemas em relação à metodologia adotada, é o emprego de gasômetros adequados. A variação de temperatura afetou algumas medições de biogás nos ensaios realizados. Como estudado paralelamente (ver anexos B), os gasômetros de frasco de Mariotte podem sofrer deslocamento líquido unicamente em função de variação de temperatura. Sendo os ensaios realizados em frascos de volumes pequenos, qualquer deslocamento de líquido, que não tenha sido ocasionado pela produção de biogás, estaria certamente, mascarando os resultados. Em função disso, a maioria dos ensaios foram feitos com gasômetros tradicionais adotados nos laboratórios de anaeróbios da CETESB, bem como os ensaios de 13 a 37 foram todos conduzidos em uma câmara de temperatura controlada (22 a 55°C). Além disso, procurou-se nos ensaios de nºs 32 a 37, adotar volumes maiores de reatores (2,8 ℓ), bem como volumes maiores de gasômetros na tentativa de minimizar os erros ocasionados pela variação da temperatura ambiente (nos gasômetros). Porém, os resultados mostram não ter ocorrido diferenças nos valores de atividade metanogênica, nos estudos com lodo de esgoto em digestão.

O emprego de duas alimentações, para o mesmo lodo não mostrou que os valores de atividade metanogênica foram diferentes entre si. Exceto pelo ensaio nº 3, o que pode ser devido ao fato do lodo ter sido estocado. Assim, em uma segunda alimentação, o lodo já teria restituído, em função da primeira, uma condição melhor para conversão dos substratos.

Não foi possível definir que a agitação dos ensaios otimizou as condições dos sistemas, aumentando com isso, a atividade metanogênica dos lodos. Salieta-se, no entanto, que certamente a agitação facilita a difusão de nutrientes, promovendo um

contacto maior das células com alimentação. Sendo assim, ensaios para melhor definir o papel da agitação nos testes de atividade metanogênica devem ser realizados.

Porém, como de ZEEUW (1984) definiu em seus resultados, o importante deve ser a obtenção da fase exponencial de produção de metano, para que se proceda aos cálculos de atividade metanogênica.

Outro ponto importante, ao analisar os valores de atividade metanogênica, que de maneira geral se apresentaram baixos em relação aos valores do método adotado, é sem dúvida, o fato das células serem submetidas a teores de substratos elevados, o que pode promover uma inibição, ou uma "grande" fase de aclimatação, o que se verificou em alguns ensaios.

Talvez, encontrar concentrações de substratos mais adequados a cada lodo amostrado, ou a lodos de origens semelhantes seja mais efetivo para a realização dos testes, diminuindo com isso, sua duração. Este é o ponto importante. O teste de atividade metanogênica específica deve ser conduzido em curtos períodos de tempo, pois caso contrário, torna-se inviável como parâmetro de acompanhamento de um biodigestor.

Finalmente, a necessidade de análises cromatográficas para detecção do gás metano é indispensável. Apenas o emprego de soluções ou filtros que purifiquem o biogás, não foram considerados seguros para avaliar o metano. Assim, esses testes apesar de se mostrarem bastante simples, devem ser acompanhados por uma qualidade analítica, a cromatografia gasosa, muitas vezes de difícil acesso. Para isso, recomenda-se um estudo sobre gasômetros em condições mais adequadas de purificação do biogás.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- . DOLFING, J. & BLOEMEN, G. B. M. Activity measurements as a tool to characterize the microbial composition of methanogenic environments. In: Microbiological aspects of granular methanogenic sludge. Ph D. Thesis. University of Wageningen, The Netherlands 1987.
- . VALCKE, D. & VERSTRAETE, W. A practical method to estimate the aceto clastic methanogenic biomass in anaerobic sludges. In: Anaerobic Digestion 1981. Hughes et alli eds. Elsevier Biomedical Press. p. 385-86. 1981.
- . de ZEEUW, W. Acclimatization of anaerobic sludge for UASB-reactor start-up. Ph D. Thesis. University of Wageningen 1984.



CETESB

## EQUIPE TÉCNICA

Biól. Rosana Filomena Vazoller

Biól. Maria da Glória Figueiredo

Eng<sup>a</sup>. Jussara Lima Carvalho

Téc. José da Conceição Neto

Quím. Eloísa França Ferreira de Araújo

Téc. Wanderley Borba

Téc. Roberto Cavalheiro Martins



Data Aquis.:	18.06.02
Indic.:	
Livreria:	
Preço:	R\$
Data Tomba:	18.06.02